ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

IV Международный форум «Интеллектуальные системы 4-й промышленной революции»

Международные научно-практические конференции

«Когнитивная робототехника и искусственный интеллект» «Интеллектуальные информационно-измерительные и диагностические системы»







СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ КОНФЕРЕНЦИИ

15-16 декабря 2021 года

УДК 004.896 ББК 32.813+32.816 К57

К57 Материалы IV международного форума (15-16 декабря 2021 г.) / под ред. В.И. Сырямкина. – Томск :STT, 2022 – 94 с.

ISBN

Сборник представляет материалы международного форума, который регулярно факультета инновационных технологий Национального проводится на базе исследовательского Томского государственного университета и посвящен актуальным проблемам в области разработки и использования современных роботизированных систем в науке и производстве. Форум прошел в сотрудничестве с Национальным исследовательским Томским политехническим университетом, государственным техническим университетом им. И.И. Ползунова (г. Барнаул), ОА "Научно-исследовательским институтом полупроводниковых приборов" (г. Томск), Anhalt University of Applied Sciences (Германия), Карагандинским государственным техническим университетом.

Сборник предназначен для специалистов, исследователей в сфере робототехники, приборостроения, а также НИРС в вузах.

УДК 004.896 ББК 32.813+32.816

ISBN ISBN

СОДЕРЖАНИЕ

Подходы к обнаружению вредоносных программ: проблемы анализа и исследования Аль-Ани М. М., Алшаиби А. Д., Аль-Азави А. Я., Костюченко Е. Ю
Проблемы машинного обучения для обнаружения вторжений в промышленных системах управления Алшаиби А. Д., Аль-Ани М. М., Аль-Азави А. Я., Конев А. А
Адаптивные и интеллектуальные системы технического зрения: охрана, диагностика, навигация, робототехника, мехатроника Сырямкин В. И., Титов В. С
Методика обработки данных для интеллектуальных диагностических систем в медицине Магомедов Р. Р., Рагимов Р. М., Расулов М. М., Абдуллаева Н. М., Сотникова Л. А12
Синтез модели перестраиваемой вычислительной среды для обработки изображений оператором Щарра Бондарчук А. С., Шашев Д. В
Цифровой двойник основной деятельности молочной компании Урсой Р. О
Цифровой двойник ТЭЦ. Энерготрейдинг Денисова Н. В. 18
Исследование ансамблевых методов бэггинга и бустинга <i>Горбачев С. В., Сырямкин В. И.</i>
Планирование оптимальной траектории движения к заданной цели в трехмерном пространстве Гуцал В. А
Влияние цифровизации на развитие системы менеджмента качества Исаева М. А., Салимгараева И. Г
Исследование сварных швов с помощью рентгеновского 3D микротомографа <i>Клестов С. А., Сырямкин В. И., Сунцов С. Б.</i>
Алгоритм высокоскоростного поиска границ опухоли на участке МРТ-изображения <i>Конаныхин А. Ю., Конаныхина Т. Н., Халин И. А., Абрамова Т. В.</i>
Применение технологии блокчейн в системе образования Косенкова Л. А., Погуда А. А
Цифровые двойники как метод улучшения качества управления Особой- экономической зоной Косицын В. А. 32
Проблемы низкого качества управления предприятием Михайленко В. Л., Кукушина М. С.

Автоматизация жизненного цикла продукции с помощью системы 1С <i>Моторина М. Н</i>
Составление карты потока создания ценностей на предприятии Моторина М. Н
Алгоритм бинарного извлечение признаков нейронных сетей в задаче классификации
объектов Пославский С. И
Принципы повышения качества управления производствами, предприятиями и организациями на основе их цифровых двойников. Сырямкин В.И., Денисова Н.В., Моторина М.Н., Чищева Т.А., Маргиев П.Э
Проектирование интеллектуальных систем для моделирования и прогноза развития коронавируса COVID-19 Сырямкин В.И., Титов В.С., Клестов С.А., Працюк Д.Ю., Сырямкина М.М
Цифровой двойник процесса «Подача заявки на приобретение ТМЦ» на предприятии пищевой промышленности Сапрунов И. К
Применение системы интеллектуального анализа данных для выявления аномалий в значениях теплофизических параметров блоков радиоэлектронной аппаратуры Селоустьев А. В., Сунцов С. Б., Климкин О. А., Хвалько . А
Режимы функционирования многотактных перестраиваемых вычислительных сред в задачах машинного обучения Ш. В., Шашев Д. В
Робототехника в дошкольных учреждениях <i>Сибирцева В. О., Видищева С. А.</i>
Совершенствование бизнес-процессов в учебном учреждении ДПО «Институт региональной безопасности» Погуда А. А., Погуда А. А
Применение рентгеновского микротомографа для диагностики радиоэлектронной аппаратуры Сунцов С. Б
Разработка интеллектуальной системы обработки слабоструктурированных данных о алгоритмом структуризации по отраслям Т. Ж. М. Хабиб, Погуда А. А
Модель движения систем обработки и анализа спектрозональных изображений Титов Д. В
Социогуманитарные технологии организации когнитивного самоменежмента студента в условиях открытого образовательного пространства вуза Сырямкина Е. Г., Асютина О. Н

От баз данных к озёрам данных: цифровая трансформация управления данными Миньков Сергей Леонидович	
SVL simulator: brief overview Guoqing Wang, Dmitry Shashev	63
Pre-trained models for natural language processing Fuyongting Wang, Alexey Poguda	65
Survey of Attitude Estimation Algorithms for Quadcopter Drones Moutayam Ameen Khaddour, Sergey Poslavskiy	67
Developments on neural network implementation for FPGA Solis Romeu Edgar, Shashev Vadimovich Dmitry	69
A Comparative Study Between Extreme Correlation Methods in a Visual Navigation Sy Ayham Shahoud, Dmitry Shashev	
A top-level overview of blockchain/hash-graph technology relating to UAVs Qazawat Zirak	73
Image Recognition in MATLAB using AlexNet Jeevesh Choudhury	75
Extended Kalman Filter for Low-Cost INS/GNSS Integration Moutayam Ameen Khaddour, Mikhail Okunsky	77
Detecting and blurring objects in video for privacy and security <i>Nguyen The Cuong, Syryamkin V. I., Nguyen Chien Thang, Nguyen Hoang Thuy Trang</i>	79
DIGITAL 3D X-RAY MICROTOMOGRAPHIC SCANNERS S.A. Klestov	81
RL-PointClouds – a new synthetic dataset to classify 3D objects Majdi Msallam, Syryamkin V. I.	83
OBSTACLE DETECTION METHODS FOR OFFROAD AUTONOMOUS NAVIGAT N.A. Uvarov	
Comparison of classical and deep learning classifiers for 3D objects recognition Majdi Msallam, Syryamkin V. I.	86
Construction of a 3D point cloud from a pair of 2D images of a calibrated stereo camera Majdi Msallam, Syryamkin V. I.	
Reconfigurable flight-controller design in Simulink for test-implementing inter-operate components and prototyping Mainak Mondal, Michael Okunskiy	
Mapping in Autonomous Driving Omar Malak	

Подходы к обнаружению вредоносных программ: проблемы анализа и исследования Аль-Ани Мустафа Мажид

Алшаиби Ахмед Джамал, Аль-Азави Абир Ясин, Костюченко Евгений Юрьевич Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники safo.alany@gmail.com

Цель статьи — провести исследование и анализ различных подходов, которые применяются для обнаружения вредоносных программ. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: изучить имеющийся материал по данной тематике; приведена общая модель обнаружения вредоносного программного обеспечения; исследованы основные современные подходы, применяемые для обнаружения вредоносных программ. Для решения поставленных задач в статье использованы такие методы, как анализ, синтез, описание, обобщение. В заключение работы отмечается, что в современных антивирусных системах, в своем большинстве, можно увидеть различные сочетания подходов, что позволяет существенно повысить эффективность работы всего защитного комплекса.

В современном мире сложно встретить сферы человеческой деятельности, в которых не получили широкое применение вычислительная техника. С их помощью создаются информационные системы различного направления. Их использование информационных систем позволяет достичь максимальной эффективности в достижении поставленной цели.

С каждым годом все большую опасность для современных компьютерных технологий представляют злоумышленники, относящиеся к числу специалистов в сферах программирования и вычислительной техники. Они владеют всей необходимой информацией для того, чтобы обойти всевозможные способы защиты системы и нанести ей непоправимый вред или же завладеть необходимой информацией. Поэтому в настоящее время достаточно большое внимание уделяется разработке, созданию и внедрению защитных систем, к числу которых можно отнести различные антивирусные системы, брандмауэры и т.п. программные комплексы [1]. Конечно же, универсальных систем не существует: каждая из таких систем создается на основании определенных подходов, которых в настоящее время существует достаточно большое количество.

В связи с вышесказанным можно с уверенностью сказать, что изучение вопросов, которые касаются анализа подходов, применяемых для обнаружения вредоносных программ, является весьма актуальным в настоящее время.

Каждая из существующих в настоящее время технологий защиты состоит из двух ключевых элементов — технического и аналитического. Данные элементы обязательно должны быть различимы на функциональном уровне, а на всех остальных — не обязательно. Под технической составляющей понимается все то число алгоритмов и функций, с помощью которых обеспечивается аналитический элемент необходимой информацией для последующего выполнения анализа. Сюда можно отнести текстовые фреймы, байтовый код и т.п. Под аналитической же составляющей понимается конкретно выбранная система, которая отвечает за процесс принятия решений. Т.е., по факту, это алгоритм, с помощью которого производится процедура анализа и принимается непосредственное решение, на основании которого установленное защитное программное обеспечение выполняет все необходимые операции в соответствие с его политикой безопасности [2].

На рисунке 1 показана общая модель обнаружения вредоносного программного обеспечения.

Конечно же, в современном мире наиболее эффективным «оружием», которое применяется для борьбы с вредоносным программым обеспечением, являются антивирусные программы, которые могут вычислить нахождения вируса практически в любом объекте [3].

В современных антивирусных программах применяется два главных подхода к обнаружению вредоносного программного обеспечения, которые получили название сигнатурный и проективный (эвристический). Рассмотрим их подробнее.

Сигнатурные методы относятся к числу точнейших методов, которые применяются с целью выявления вирусов и базирующиеся на методике сравнения конкретного файла с базой известных вирусных файлов. В рамках данного сравнения выявляются характерные черты, которые могут однозначно идентифицировать то, что проверяемый файл является зараженным. Вся совокупность сигнатур существующих вирусов и представляет собой, так называемую антивирусную базу. Конечно же при использовании данного подхода очень важным является осуществлять непрерывное отслеживание новых экземпляров зловредов, их описание и включение в базу сигнатур, чем занимаются экс-перты в сфере компьютерной вирусологии, а также специально создаваемые на предприятиях экспертные группы [4].

Главным преимуществом данного подхода является точное и однозначное выявление типа вируса, что позволяет, в дальнейшем, добавить его в антивирусную базу и прописать в ней методику его лечения. Также стоит отметить, что данный подход обладает довольно высокой частотой обновлений существующих антивирусных баз и, исходя из достигнутого уровня практических результатов, имеет наибольшее число обнаруженных угроз. Однако его главным недостатком является, все же, довольно высокая временная задержка в случае появления новых типов угроз, поскольку для создания так необходимых образцов сигнатур для новых угроз требуется достаточно продолжительный временной промежуток. Данная причина не позволяет применять данный подход для создания оперативной защитной системы, однако в остальных случаях данный подход является весьма эффективным [5].



Рис. 1 – Общая модель обнаружения вредоносного программного обеспечения

Главным преимуществом данного подхода является точное и однозначное выявление типа вируса, что позволяет, в дальнейшем, добавить его в антивирусную базу и прописать в ней методику его лечения. Также стоит отметить, что данный подход обладает довольно высокой частотой обновлений существующих антивирусных баз и, исходя из достигнутого уровня практических результатов, имеет наибольшее число обнаруженных угроз. Однако его главным недостатком является, все же, довольно высокая временная задержка в случае появления новых типов угроз, поскольку для создания так необходимых образцов сигнатур для новых угроз требуется достаточно продолжительный временной промежуток. Данная причина не позволяет применять данный подход для создания оперативной защитной системы, однако в остальных случаях данный подход является весьма эффективным [6].

Для принятия окончательного решения о вредоносности приложения требуется вмешательство пользователя, что предполагает наличие у него достаточной квалификации.

Таким образом, в ходе выполнения данной работы были рассмотрены основные современные подходы, которые применяются для обнаружения вредоносных программ, описана сущность их работы, а также перечислены основные преимущества и недостатки. Исходя из их преимуществ и недостатков хотелось бы подчеркнуть, что в современных антивирусных системах, в своем большинстве, можно увидеть различные сочетания подходов, что позволяет существенно повысить эффективность работы всего защитного комплекса. Практически любая антивирусная программа объединяет в разных пропорциях все технологии и методы защиты от вирусов, созданные к сегодняшнему дню.

Список публикаций:

- [1] Ahmad I. u dp. Performance comparison of Support Vector Machine, Random Forest, and extreme learning machine for intrusion detection // IEEE Access. 2018. T. 6. C. 33789–33795.
- [2] Kim J. u ∂p. CNN-based network intrusion detection against denial-of-service attacks // Electronics. 2020. T. 9. № 6. C. 916.
- [3] Khare N. u dp. Smo-DNN: Spider monkey optimization and deep neural network hybrid classifier model for intrusion detection // Electronics. 2020. T. 9. № 4. C. 692.
- [4] Santikellur P. u dp. Optimized multi layer hierarchical network intrusion detection system with genetic algorithms // 2019 2nd International Conference on new Trends in Computing Sciences (ICTCS). 2019.
- [5] Qureshi A.-U.-H. $u \partial p$. RNN-ABC: A new swarm optimization based technique for ANOMALY DETECTION // Computers. 2019. T. 8. N_2 3. C. 59.
- [6] Khraisat A. u ∂p. Hybrid intrusion detection system based on the stacking ensemble of C5 decision tree classifier and one class support vector machine // Electronics, 2020. T. 9. № 1. C. 173..

ПРОБЛЕМЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ВТОРЖЕНИЙ В ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

Алшаиби Ахмед Джамал

Аль-Ани Мустафа Мажид, Аль-Азави Абир Ясин, Конев Антон Александрович Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники <u>Ahmed.jamal.alshaibi88@gmail.com</u>

Постепенное увеличение количества успешных атак на промышленные системы управления (ПСУ) привело к острой необходимости в создании механизмов защиты для точного и своевременного обнаружения возникающих в результате аномалий процессов. С помощью алгоритмов машинного обучения приводит к относительно более легкому и быстрому созданию детекторов аномалий. Несмотря на преимущества, существуют серьезные проблемы. В этой работе мы перечисляем и обсуждаем такие вызовы.

Системы обнаружения вторжений (СОВ) стали спасением, но новые атаки или вторжения создают сложную атмосферу даже для самых мощных доступных инструментов. Было опубликовано большое количество исследовательских работ, связанных с СОВ для ПСУ тем не менее, по-прежнему существует большое количество открытых проблем, особенно в отношении использования методов машинного и глубокого обучения для обнаружения аномалий и вторжений в ПСУ Абстрактный вид ПСУ показан на рис.1.

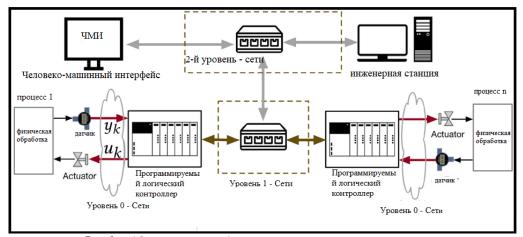


Рис. І – Абстрактный вид промышленной системы управления

Система обнаружения вторжений (СОВ), которая является важным методом кибербезопасности, отслеживает состояние программного и аппаратного обеспечения, работающего в сети.

Несмотря на десятилетия разработки, существующие СОВ по-прежнему сталкиваются с проблемами в повышении точности обнаружения, снижении частоты ложных тревог и обнаружении неизвестных атак

Однако методы машинного обучения добились больших успехов в области обнаружения вторжений [1].

Ниже описаны некоторые из основных проблем, с которыми исследователи сталкиваются сегодня и будут сталкиваться в будущем.

- 1- Отсутствие доступных наборов данных. Наиболее распространенные наборы данных имеют много проблем. Необходимы новые наборы данных, так как изменчивость среды Интернета усиливает нехватку наборов данных. Появляются новые типы атак, и некоторые существующие наборы данных слишком устарели, чтобы отражать эти новые атаки. Более того, доступные наборы данных должны быть сбалансированы, иметь меньшую избыточность и меньше шума. Систематическое построение наборов данных и постепенное обучение могут быть решениями этой проблемы [2,3].
- 2- Низкая точность обнаружения в реальных условиях. Методы машинного обучения обладают определенной способностью обнаруживать вторжения, но они часто не работают с совершенно незнакомыми данными. Следовательно, когда набор данных не охватывает все типичные реальные образцы, хорошая производительность в реальных условиях не гарантируется, даже если модели достигают высокой точности на тестовых наборах [4].
- 3- Низкая эффективность. Время работы моделей глубокого обучения часто слишком велико для удовлетворения требований СОВ в реальном времени. СОВ должны обнаруживать атаки в режиме реального

времени, чтобы максимально снизить вред. Подходы к параллельным вычислениям с использованием графических процессоров (GPUs) являются обычным решением для этого типа проблем [5].

В этой статье не предлагается метод борьбы с новыми кибератаками, однако в этой статье отображаются недостатки новейших методов для дальнейшего анализа. Результатом является рекомендация по дальнейшему изучению СОВ, основанная на предыдущих недостатках. В будущем рекомендуется провести исследования для устранения недостатков СОВ для лучшего обнаружения атаки или вторжения в реальном времени.

Список публикаций:

- [1] Diro A., Chilamkurti N. Leveraging LSTM networks for attack detection in fog-to-things communications // IEEE Communications Magazine. 2018. T. 56. No 9. C. 124–130.
- [2] Kocher G., Kumar G. Machine learning and deep learning methods for intrusion detection systems: Recent developments and challenges // Soft Computing. 2021. T. 25. № 15. C. 9731–9763.
- [3]. Liu H., Lang B. Machine learning and deep learning methods for intrusion detection systems: A survey // Applied Sciences. 2019. T. 9. № 20. C. 4396.
- [4] Bahaa A. u ∂p. Monitoring real time security attacks for IOT systems using DevSecOps: A systematic literature review // Information. 2021. T. 12. № 4. C. 154.
- [5] Prabavathy S., Sundarakantham K., Shalinie S.M. Design of cognitive fog computing for intrusion detection in internet of things // Journal of Communications and Networks. 2018. T. 20. № 3. C. 291–298.

Адаптивные и интеллектуальные системы технического зрения: охрана, диагностика, навигация, робототехника, мехатроника

1Сырямкин Владимир Иванович

²Титов Виталий Семёнович

¹ Национальный исследовательский Томский государственный университет, ² Юго-Западный государственный университет svi tsu@mail.ru

В докладе изложены основы синтеза, анализа и применения адаптивных и интеллектуальных систем технического зрения.

Вопросы алгоритмического, программного и аппаратного обеспечения адаптивных и интеллектуальных систем технического зрения (АИСТЗ) имеют актуальное значение. Эти АИСТЗ имеют широкое применение [1-10].

Алгоритм АИСТЗ представлен формулой (1).

$$Y_{n} \to K_{\Sigma} \quad (Y) \to \begin{cases} F_{1}(\mathcal{A}, \Phi, \mathbf{L}, \Pi), \\ F_{2}(K_{1}, \mathbf{L}, C), \\ F_{3}(K_{2}, M), \\ F_{4}(X, B), \\ F_{5}(K_{3}, P, B). \end{cases}$$
(1).

Здесь $F_1(\mathfrak{A},\Phi,\mathfrak{U},\Pi)$ — функция, описывающая яркость (Я), форму (структуру) (Ф) элементов изображения, его цвет (Ц), а также пространственные координаты (П) АИСТЗ; $F_2(K_1,\mathfrak{U},C)$ — функция представляет трехмерные координаты (K_1) измерителя звука, его частоту (Ч) и спектр (С); $F_3(K_2,M)$ — функция определяет трехмерные координаты (K_2) и размеры (М) других объектов в рабочей зоне; $F_4(X,E)$ — функция характеризует химический состав (Х) и биологические параметры (Б) рабочей зоны; $F_5(K_3,P,B)$ — функция описывает координаты (K_3), параметры радиоактивных (Р) и взрывчатых веществ (В). Блок-схема АИСТЗ представлена на рис.1.

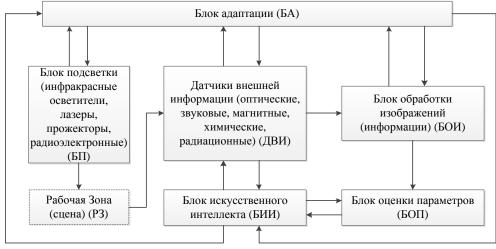


Рис.1 – Блок-схема АИСТЗ

АИСТЗ функционирует следующим образом. БА настраивает необходимые характеристики блоков АИСТЗ, при этом БП обеспечивает требуемую освещенность рабочей зоны. ДВИ воспринимают внешнюю информацию (изображения), которая обрабатывается БОИ и с помощью БОП оцениваются необходимые параметры, например, местоположение, форма и цвет сторонних объектов в рабочей зоне.

При особо сложных характеристиках внешней среды включается в работу БИИ, функционирующий на основе информационно-биологического подхода [3]. Алгоритмическое обеспечение АИСТЗ основано на применении авторских модифицированных алгоритмах: корреляционный и вейвлет анализ структурноперестраиваемый, нейро-сетевой и фурье-анализ [1,2,4,5].

В докладе подробно рассматриваются вопросы синтеза, анализа и применения АИСТЗ в системах охраны, медицине, навигации, робототехнике и мехатронике [1-10].

Список публикаций:

[1] Адаптивные системы технического зрения: монография/В.И. Сырямкин, М.В. Сырямкин, Д.В. Титов, В.С. Титов, М.Н. Труфанов. – 2-е изд. доп. – Москва: РУСАЙНС, 2019. – 448 с. – (Серия «Интеллектуальные технические системы»).

- [2] Теоретические основы цифровой обработки изображений в встраиваемых системах технического зрения/ Ю.С. Бехтин, С.А. Клестов, М.С. Куцов, В.И. Сырямкин, Д.В. Титов; под ред. В.И. Сырямкина, Д.В. Титова. Томск. STT, 2016. 406с. (Серия «Интеллектуальные технические системы»).
- [3] Сырямкин В.И., Шумилов В.Н. Синтез искусственного носителя интеллекта: информационно биологический подход. Монография / под ред. проф. В.И. Сырямкина / Москва / Берлин: Директ Медиа, 2021. 412с.
- [4] Сырямкин В.И., Шидловский В.С. Корреляционно-экстремальные радионавигационные системы: монография. Томск: Изд-во, Том ун-та 2010 316с.
- [5] Сырямкин В.И. др. Нейро-нечеткие методы в интеллектуальных системах обработки и анализа многомерной информации: Томск: Изд-во Том ун-та 2014- 510с.
- [6] Bureev A.Sh., Zhdanov D.S., Zemlyakov I.Yu., Kutsov M.S., Syryamkin V.I. Adaptive medical Diagnostic Systems / Edited by professor V.I. Syryamkin. Prof. Marin Drinov Publishing House of Bulgarian Academy of Science. Sofia, 2016 256 p.
- [7] A.Sh. Bureev, Klestov S.A., M.S. Kutsov, Yu.M. Osipov, A.V. Osipov, V.I. Syryamkin, S.B. Suntsov Digital X-ray Tomography /ed.: Syryamkin V.I. London: Red Square Scientific, 2015. 145 p.
- [8] Abramova T.V., Gorbachev S.V., Gribovsky M.V., Syryamkin V.I., Syryamkin M.V. Cognitive Systems for Monitoring and Forecasting the Scientific and Technological Development of the State /ed.: Syryamkin V.I. London: Red Square Scientific, 2018. 240 p.
- [9] Gorbachev S.V., Emelyanov S.G., Zhdanov D.S., Miroshnichenko S.Yu., Syryamkin V.I., Titov D.V., Shashev D.V. Digital Processing of Aerospace Images /ed.: Syryamkin V.I. London: Red Square Scientific, 2018. 244 p.
- [10] Digital Xray Tomography 2nd edition: пер. с русский /Syryamkin V.I., Klestov S.A., Suntsov S.B.; trans.: Tatiana B. Rumyantseva; ed.: Syryamkin V.I. London: Red Square Scientific, 2020. 200 р.

Методика обработки данных для интеллектуальных диагностических систем в медицине

¹Магомедов Рамазан Ризванович

¹Рагимов Разин Мирзекеримович, ³Расулов Магомед Мирзоевич, ¹Абдуллаева Наида Муртазалиевна, 2Сотникова Лидия Андреевна

¹ «Дагестанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации,

² «Московский государственный технический университет» имени Н. Э. Баумана ³ «Дагестанский государственный педагогический университет» <u>cacal@yandex.ru</u>

Современные медицинские диагностические системы должны обеспечить возможность не только своевременно предупреждать появление болезни, но и выявлять явные и неявные взаимосвязи между всеми факторами, влияющими на здоровье человека. Перечень учитываемых параметров может быть очень большим. Установление взаимосвязей в множестве параметров и диагностика состояния отдельного человека – довольно трудная задача, так как концептуальных решений на глобальном уровне не предложено. Применяемые сейчас для анализа больших данных нейронные сети, даже если и способны поставить диагноз, но найти причину, привлекшую к такому состоянию, по своему принципу работы не могут. Так же они не способны к анализу взаимосвязей. Все развитые государства создают сейчас локальные условия для жизни на своей территории без учета влияния глобальных параметров на человечество. Понятно, что локальная система не способна в долгосрочной перспективе выявлять причинно-следственные связи. В этой работе мы стараемся описать структуру глобальной организации сбора данных, способную автоматически устанавливать и выявлять полезные для медицинской диагностики взаимосвязи.

Известно, что на здоровье человека влияют как глобальные внешние, так и локальные внутренние параметры. Все они модулируют процессы в организме человека, в том числе и болезни. Глобальные параметры модулируют процессы с большим периодом, а локальные - с меньшим периодом. Таким образом, формируется целый спектр периодических влияний, действующих как на отдельного индивидуума, так и на всё население планеты в целом.

Если раньше весь мир целиком полагался на естественный отбор, мало замечая причинно-следственные связи, то сейчас такая беспечность может привести к большим катастрофам. Например, большие миграции населения, наблюдаемые сейчас — это глобально предсказуемое событие, но локально, ни с чем не связанное событие для отдельного государства. С появлением телекоммуникационной сети «Интернета», такие события могут сейчас происходить молниеносно. Для выявления чистых взаимосвязей важно охватить для диагностики и изолированные сообщества, которые на грани исчезновения, или же могут исчезнуть при определенных обстоятельствах. Понятно, что влияние внешних параметров на долголетие и здоровье «эталонного человека» легче установить на изолированных «чистых» сообществах, чем на «смешанных» и «загрязненных» внешними условиями.

Будем считать, что человек находиться в центре этих глобальных и периодических процессов. Для анализа влияния взаимосвязанных параметров на здоровье в идеале требуется учет всей истории отдельно человека в каждый момент его жизни, но это условие сейчас нереально выполнить, Так же, в предлагаемой структуре мы должны рассматривать всех людей вместе как единую интеллектуальную систему, направленную на самосохранение своего вида, сохранения здоровья, улучшения условий для своего обитания. Но пока самоорганизация людей проходит медленно и стихийно, так как обратные связи только формируются в цифровой среде. Поэтому необходимо заблаговременно иметь возможность прогнозировать и реагировать на влияние глобальных параметров, на здоровье человека и условия его обитания.

Понятно, что для получения данных для анализа необходимо сформировать новую структуру сбора данных.

Сформировав, матрицу параметров, как по горизонтали, так и по вертикали, мы получим матрицу параметров для человека. Часть данных для матрицы параметров получаем от разных служб автоматически (мобильная связь и т д), а другая часть параметров – индивидуальная, от диагностических медицинских служб. Как только человек регистрирует свое любое событие в базе, например, о болезни, все данные с матрицы параметров автоматически записываются в его личную карточку. Таким образом, заполняется база данных для всех участвующих в выборке людей. Основная матрица для всех людей остается одной и той же в сети, меняются только числа (данные) в соответствующих местах матрицы и при обращении к матрице выбираются текущие данные, так обеспечивается синхронизация всех процессов в одном месте в текущий момент. Новые данные для учета в матрицу можно дополнять, не меняя его первоначальной структуры, заданной с запасом.

При такой архитектуре глобальные, локальные, периодические и не периодические данные в матрице автоматически формируют связанные зависимости. Количество автоматически образованных связей может быть большим, но связанные данные с определенным диагнозом будет показывать все параметры, привлекшие к этому диагнозу.

В такой структуре сбора данных, для медицинского анализа, достаточно совместить интересующие параметры в базе и все явные связи будут сгруппированы вместе и модулированы глобальными и локальными параметрами, а не связанные параметры с данным диагнозом будут расходиться.

Список публикаций:

- [1] Журнал «Electronique» // №155. С. 21-29
- [2] Pa∂uo 1960 // №5, C. 60-61
- [3] Ж. Макс //, Методы и техника обработки сигналов при физических изменениях Т. №1

Синтез модели перестраиваемой вычислительной среды для обработки изображений оператором Щарра

Бондарчук Антон Сергеевич

Шашев Дмитрий Вадимович

Национальный исследовательский Томский государственный университет bondarchuk.a.c@gmail.com

В последнее время, в связи с возросшей популярностью систем технического (машинного) зрения, появилась необходимость постоянно поддерживать существующие и развивать новые способы обработки цифровых изображений. Системы технического зрения используются в современных подводных, надводных, наземных, авиационных и космических мобильных роботизированных объектах. Для таких платформ актуальной является проблема сокращения времени обработки изображений при высоких скоростях движения, а также уменьшения энергопотребления. Решением этих проблем является реализация алгоритмов обработки изображений на вычислительных архитектурах параллельно- конвейерного типа, таких как Field-Programmable Gare Arrays (FPGA). Использование FPGA позволит добиться меньших энергозатрат и более высокой производительности за счёт параллельных вычислений.

Сегментация — это обработка изображения с целью выделения областей с определенными свойствами. Одним из способов сегментирования изображения является использование алгоритмов обнаружения границ. Выделение границ основывается на алгоритмах, выделяющих пиксели цифрового изображения, в которых резко изменяется яркость по отношению к соседним пикселям. Большинство алгоритмов, которые выполняют данную операцию, основаны на вычислении градиента функции. Градиентом называется векторная величина, указывающая направление резкого возрастания некоторой величины. Так как изображение дискретно и в классическом смысле производной в данном случае не существует, используют вычисление приближенного значения производной [1]. Оператор Щарра представляет собой дискретный дифференциальный оператор, который вычисляет приближенное значение градиента яркости изображения. Результатом применения оператора Щарра в точке изображения является вектор градиента яркости в этой точке. Это означает что в области неизменной яркости вектор будет нулевым, а в точке на границе между разными величинами яркости, вектор будет пересекать эту границу в направлении увеличения яркости. Оператор Щарра использует маски фильтра размером 3×3, с помощью которых обрабатывается исходное изображение для вычисления приближенных значений производных по горизонтали (1) и по вертикали (2):

$$G_{x} = \begin{bmatrix} -3 & 0 & 3 \\ -10 & 0 & 10 \\ -3 & 0 & 3 \end{bmatrix} * I, \tag{1}$$

$$G_{y} = \begin{bmatrix} -3 & -10 & -3 \\ 0 & 0 & 0 \\ 3 & 10 & 3 \end{bmatrix} * I.$$
 (2)

В каждой точке изображения приближённое значение величины градиента можно вычислить путём поэлементного использования полученных приближенных значений производных (3). Эта величина равна значению максимальной скорости изменения яркости I в точке (i,j). Результат обработки показывает, насколько «резко» или «плавно» меняется яркость изображения в каждой точке.

$$m = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \tag{3}$$

Применение оператора Щарра к пикселям цифрового изображения, может быть реализовано с помощью концепции перестраиваемой вычислительной среды (ПВС). Перестраиваемой вычислительной средой называется дискретная математическая модель высокопроизводительной вычислительной системы, состоящей из одинаковых и одинаково соединённых друг с другом простейших универсальных элементов (элементарных вычислителей (ЭВ)), программно настраиваемых на выполнение любой функции и любого соединения со своими соседями [2, 3]. Основополагающими принципами создания ПВС являются: параллельность, перестраиваемость, однородность и конвейерность обработки информации. ПВС имеет вид геометрически правильной решётки, имеющей не менее двух осей симметрии, с расположенными в узлах ЭВ, которые содержат определенный набор выполняемых операций. На вход каждого элементарного вычислителя подаётся код настройки, с помощью которого осуществляется перестраиваемость ПВС и определяется какая из закладываемых операций будет выполнена. Все элементарные вычислители однотипны и геометрически

одинаковым образом соединены с соседними, причём каждый из ЭВ можно условно считать центром симметрии относительно его связей с окружающими ЭВ. Ячейка элементарного вычислителя может быть настроена на передачу сигналов в заданном направлении и выполнение в данный момент любой одной функции. Выполняемые операции в ЭВ и соединения между ними предназначены для обеспечения аппаратного выполнения реализуемого алгоритма. В работе предлагается реализация описанного ранее алгоритма на архитектуре ПВС, где каждый ЭВ отвечает за параллельную обработку одного из пикселей цифрового изображения. Таким образом, размерность ПВС совпадает с размерностью обрабатываемого изображения, при этом элементарные вычислители одинаковым образом соединены между собой.

Первым делом синтезируется ЭВ, который затем используется при синтезе ПВС. После получения необходимых автоматных отображений, учитывающих также краевые пиксели изображения, осуществляется запись функций, определяемых данными автоматными отображениями. На базе структурно-автоматного метода [2] была получена следующая система формул (4):

```
\begin{cases} f_1 = x(\overline{z_2}\overline{z_3}\overline{z_4} \vee \overline{z_1}\overline{z_2}\overline{z_3} \vee z_2z_3z_4\overline{z_1}), \\ f_2 = x(\overline{z_1}\overline{z_2} \vee z_3z_4\overline{z_1} \vee \overline{z_2}\overline{z_3}\overline{z_4}), \\ f_3 = x(z_4\overline{z_1}\overline{z_2} \vee z_3\overline{z_1}\overline{z_2} \vee z_1\overline{z_2}\overline{z_3}\overline{z_4}), \\ f_4 = x(z_4\overline{z_1}\overline{z_2} \vee z_3\overline{z_1}\overline{z_2} \vee z_1\overline{z_2}\overline{z_3}\overline{z_4}), \\ f_5 = x(z_3z_4\overline{z_1}\overline{z_2} \vee z_2\overline{z_1}\overline{z_3} \vee z_1\overline{z_2}\overline{z_3}\overline{z_4}), \\ f_6 = x(z_3z_4\overline{z_1} \vee z_2z_1\overline{z_3} \vee z_1\overline{z_2}\overline{z_3}\overline{z_4}), \\ f_7 = x(z_2z_4\overline{z_1} \vee z_2z_3\overline{z_1} \vee z_1\overline{z_2}\overline{z_3}\overline{z_4}), \\ f_8 = x(\overline{z_2}\overline{z_3}\overline{z_4} \vee z_2\overline{z_3}\overline{z_4} \vee z_1\overline{z_2}\overline{z_3}\overline{z_4}), \\ f_7 = x(z_2z_4\overline{z_1} \vee z_2z_3\overline{z_1} \vee z_1\overline{z_2}\overline{z_3}\overline{z_4}), \\ f_8 = x(\overline{z_2}\overline{z_3}\overline{z_4} \vee z_4\overline{z_1}\overline{z_3} \vee z_2z_3\overline{z_1}), \\ f = \overline{z_1}\overline{z_2}\overline{z_3}\overline{z_4} \vee \sqrt{((-13x+13y_4+3y_5-3y_7-13y_8)^2)+((-3y_8-10x-3y_4+3y_5+13y_6)^2)} + \\ + z_4\overline{z_1}\overline{z_2}\overline{z_3}\sqrt{((13y_4+3y_5-3y_7-13y_8)^2)+((-3y_8-10x-3y_4+3y_5+10y_6+3y_7)^2)} + \\ + z_3\overline{z_1}\overline{z_2}\overline{z_4}\sqrt{(((33x+3y_6-3y_7-13y_8)^2)+((-3y_8-13x+13y_6+3y_7)^2)} + \\ + z_3z_4\overline{z_1}\overline{z_2}\sqrt{((-3y_1+3y_2+10x+3y_6-3y_7-10y_8)^2)+((-3y_1-13y_2+13y_6+3y_7)^2)} + \\ + z_2\overline{z_1}\overline{z_3}\overline{z_4}\sqrt{((-3y_1+3y_2+13x-13y_8)^2)+((-3y_1-13y_2+13x+3y_8)^2)} + \\ + z_2z_4\overline{z_1}\overline{z_3}\sqrt{((-3y_1+3y_3+13y_4-13y_8)^2)+((-3y_1-10y_2-3y_3+3y_4+10x+3y_8)^2)} + \\ + z_2z_3\overline{z_4}\overline{z_4}\sqrt{((-3y_2+3y_3+13y_4-13x)^2)+((-13y_2-3y_3+3y_4+10x+3y_8)^2)} + \\ + z_2z_3z_4\overline{z_1}\sqrt{((-3y_2+3y_3+10y_4+3y_5-3y_7-10y_8)^2)} + ((-13y_2-3y_3+3y_4+13x)^2) + \\ + z_2z_3z_4\overline{z_1}\sqrt{((-3y_1+3y_3+10y_4+3y_5-3y_7-10y_8)^2)} + ((-13y_2-3y_3+3y_3+13y_6)^2) + \\ + z_4\overline{z_2}\overline{z_3}\overline{z_4}\sqrt{((-3y_1+3y_3+10y_4+3y_5-3y_7-10y_8)^2)} + ((-13y_2-3y_3+3y_3+13y_6)^2) + \\ + z_4\overline{z_2}\overline{z_3}\overline{z_4}\sqrt{((-3y_1+3y_3+10y_4+3y_5-3y_7-10y_8)^2)} + ((-13y_2-3y_3+3y_3+13y_6)^2) + \\ + z_4\overline{z_2}\overline{z_3}\overline{z_4}\sqrt{((-3y_1+3y_3+10y_4+3y_5-3y_7-10y_8)^2)} + ((-13y_2-3y_3+3y_3+3y_5+13y_6)^2) + \\ + z_4\overline{z_2}\overline{z_3}\overline{z_4}\sqrt{((-3y_1+3y_3+10y_4+3y_5-3y_7-10y_8)^2)} + ((-13y_2-3y_3+3y_3+3y_5+13y_6)^2) + ((-13y_2-3y_3+3y_3+3y_5+13y_6)^2) + ((-13y_2-3y_3+3y_3+3y_5+13y_6)^2) + ((-13y_2-3y_3+3y_3+3y_5+13y_6)^2) + ((-13y_2-3y_3+3y_5+13y_6)^2)
```

где x — значение соответствующего пикселя исходного изображения, y_i — информационные входы, принимающие значения необходимых соседних пикселей от соседних ЭВ, f_i — выходы-связи, через которые ЭВ передаёт соседним ЭВ значение х соответствующего ему пикселя, f — значение пикселя в выходном изображении.

В описании автоматных отображений отражены классические алгебраические операции умножения, суммирования, вычитания, возведения в квадрат, вычисление квадратного корня от числа. Каждый ЭВ содержит в себе совокупность полученных автоматных отображений и способен перестраиваться на их выполнение с помощью настроечного кода (z_4 , z_3 , z_2 , z_1), т.е. каждый ЭВ выполняет полученную систему формул. Таким образом, с помощью ПВС параллельно обрабатывается каждый пиксель изображения для выделения границ оператором Щарра. Перестраиваемая вычислительная среда, благодаря своим принципам построения и свойствам, относится к вычислителям с параллельно-конвейерной архитектурой. Поэтому можно утверждать, что представленный алгоритм ориентирован на аппаратное выполнения на вычислителях параллельно-конвейерного типа.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-06078.

Список публикаций:

[1] Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс; пер. с англ. под ред. П.А. Чочиа. — М.: Техносфера, 2012.-1104 с.

[2] Шидловский С.В. Автоматическое управление. Реконфигурируемые системы: учеб. пособие. - Томск: Изд-во Том. ун-та, 2010. – 168 с.

[3] Шашев Д.В. Морфологическая обработка бинарных изображений с использованием перестраиваемых вычислительных сред / Д.В. Шашев, С.В. Шидловский // Автометрия. - 2015. - №3. - С. 19–26.

Цифровой двойник основной деятельности молочной компании *Урсой Руслан Олегович*

Национальный исследовательский Томский государственный университет russs.l.anboss@gmail.com

Цифровой двойник — это виртуальная модель систем, объектов, процессов, услуг и товаров. Цифровой двойник точно воспроизводит действия и форму оригинала, и синхронизируется с реальным объектом. Цифровой двойник отъединяет в себе большой массив информации с различных источников. Цифровой двойник нужен для того, чтобы посмотреть, что будет происходить с оригиналом в различных условиях. Цифровой двойник поможет сократить затраты и временные ресурсы, а также поможет избежать вреда для людей и окружающей среды. Цифровой двойник с позиции управления качества можно использовать для управления и оценки рисков. Цифровой двойник позволит провести анализ «что, если», что приведет к лучшей оценке риска.

Актуальность обусловлена практической применимостью предполагаемых результатов работы цифрового двойника для компании.

Проблема заключается в отсутствие ответственного за цифрового двойника подразделения и в отсутствии синхронизации реального процесса с виртуальным.

Цели создания цифрового двойника: управление рисками, модернизация и автоматизация процессов компании.

Средства с помощью которых разрабатывается цифровой двойник процессов – Visio, 1с. Возможности данных средств позволяют реализовать задуманное для реализации различных поставленных целей компании.

План внедрения:

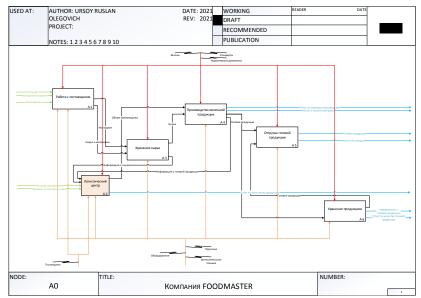
- 1. Определение ответственных за процесс;
- 2. Определение этапов процессов;
- 3. Определение ключевых данных процессов;
- 4. Графическое представление процесса в Visio:
- 5. Определение необходимой документации;
- 6. Определение потока движения данных;
- 7. Выявление ключевых показателей для учета данных;
- 8. Выстраивание процессов в 1С;
- 9. Синхронизация реальных объектов с виртуальными;
- 10. Проверка работоспособности процессов в 1С;
- 11. Отладка процессов;
- 12. Внедрение.

На данном этапе осуществлены только пункты с 1 по 7.

В процессе декомпозиции осинового процесса можно выделить следующие подпроцессы:

- 1. Работа с поставщиком;
- 2. Логистический центр;
- 3. Хранение сырья;
- 4. Производство молочной продукции;
- 5. Отгрузка готовой продукции;
- 6. Хранение продукции.

Процесс представлен на рисунке 1.



Puc. 1 – Цифровой двойник процесса «Основной процесс молочной компании»

Основной бизнес-процесс компании на основе цифрового двойника для компании производящую молочную продукцию выполнено на 57%. Основным фокусом компаний станет поиск оптимальных программных решений и технологий. Результаты работы позволят начать массовую автоматизацию и синхронизацию.

Цифровой двойник ТЭЦ. Энерготрейдинг *Денисова Наталья Владимировна*

Национальный исследовательский Томский государственный университет natalilexs@gmail.com

Цифровой двойник теплоэнергетической станции (ТЭЦ) — это виртуальная копия реальной ТЭЦ и/или отдельного технологического процесса, которая помогает эффективно управлять ими, оптимизируя бизнес- и технологические процессы. Рассмотрим пример цифрового двойника бизнес-процесса энерготрейдинга на примере АО «Томская генерация».

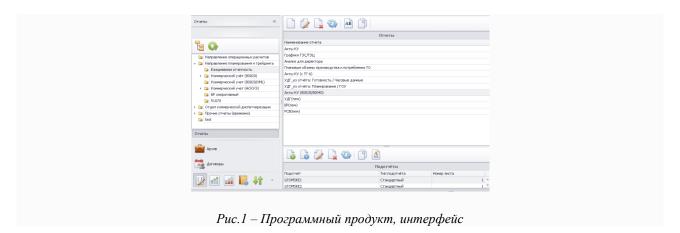
АО «Томская генерация» осуществляет производство электрической и тепловой энергии. Компания объединяет генерирующие мощности г. Томска, за счёт собственных источников (ГРЭС-2, ТЭЦ-3, ТЭЦ-1) на 23% закрывает потребности Томской области в электрической энергии и на 96% обеспечивает город тепловой энергией. Установленная электрическая мощность станций составляет — 485,7 МВт. Установленная тепловая мощность станций — 2390,5 Гкал/ч.

Рост объемов собираемых данных для различной отчетности, повышение надежности, эффективности, экологической безопасности теплоэнергетической станции заставляет задуматься о внедрении цифровых, автоматизированных решений этих вопросов. Для того чтобы упростить работу персонала и максимально исключить человеческий фактор (ошибки) необходим программный продукт для цифровой трансформации ТЭЦ.

Решение данного вопроса должно устранить проблемы, существующие на данный момент и те, которые могут возникнуть при эксплуатации технической системы, а также должно обеспечить получение экономического эффекта. В решении этих вопросов может помочь цифровой двойник ТЭЦ. Цифровой двойник ТЭЦ, например, позволит смоделировать расположение оборудования, перемещение сотрудников, рабочие процессы и внештатные ситуации, что позволит оптимизировать рабочие процессы, сократить время на решение той или иной проблемы и т.д.

Проблема, решаемая цифровым двойником — это автоматический анализ данных от АСУ ТП (автоматизированная система управления технологическим процессом) о работе оборудования для оценки качества режима работы ТЭЦ, фиксация и определение дефектов не заметных при линейном обходе эксплуатирующего персонала, прогнозирование отказов и аварий, управление рисками путем применения предупредительных мер для снижения количества проблем и оперативного их решения в случае возникновения.

Один из примера цифрового двойника бизнес-процесса энерготрейдинга является программный продукт, внедренный в АО «томская генерация». Во избежание рекламы данному программному продукту, название не указываю, далее по тексту «Программный продукт».



Планирование на оптовом рынке (ОРЭМ) ведётся на трое суток вперёд: за трое суток становится известен плановый состав оборудования. Выбираются оптимальные режимы оборудования, и корректируется с учётом оперативных команд Системного оператора (СО).

По результатам торгов на ОРЭМ, формируются торговые сессии, где указана вся информация о торгах.

С помощью этого программного продукта можно получать данные для коммерческого учета электроэнергии напрямую от различных источников, формировать ежедневную и оперативную отчетность, подавать заявки СО, формировать прогнозируемые данные для бизнес-плана в удобной для оператора форме, и т.д. Данный цифровой продукт значительно сократил временные затраты на формирование и обработку массивов данных и свел возникновение ошибки, при их формировании, к минимуму.

Для работы программного продукта используются:

- Автоматизация сбора данных из различных источников:
 - сайт АО «АТС»,
 - сайт АО «СО ЕЭС»,
 - АСКУЭ (автоматизированная система коммерческого учёта электроэнергии),
 - различные локальные файлы и прочие источники;
- Расчет оперативных и фактических результатов работы на OPЭM в разрезе секторов рынка, в разрезе ГТП (группа точек поставки);
- Автоматизация договорной работы на ОРЭМ:
 - автоматическое обновление реестра участников ОРЭМ и их реквизитов,
 - автоматическая загрузка обязательств и платежей,
 - расчет задолженности,
 - хранение и контроль первичной документации,
 - претензионно-исковая работа;
- Автоматическое формирование и прямая подача заявок РСВ (рынок на сутки вперед) в АО «АТС», а также заявок СО;
- Автоматизация аналитической отчетности;
- Обеспечение централизованного и структурированного хранения данных по ОРЭМ;
- Автоматизация процессов анализа данных, в том числе с использованием OLAP-кубов;
- Централизованное ведение нормативно-справочной информации.



Рис.2 – Принцип работы программного продукта

Данный программный продукт решает все эти вопросы, что значительно упрощает и качественно улучшает работу в энерготрейдинге.

Список публикаций:

[1] Официальный сайт АО «Томская генерация» // http://energo.tom.ru

[2] Официальный сайт Группы Компаний Инфопро //https://www.info-pro.ru

Исследование ансамблевых методов бэггинга и бустинга

Горбачев Сергей Викторович Сырямкин Владимир Иванович

Национальный исследовательский Томский государственный университет spp03@sibmail.com

Методы составления ансамбля — это мета-алгоритмы, которые объединяют несколько методов машинного обучения в одну прогностическую модель, чтобы:

- уменьшить дисперсию (variance) bagging;
- уменьшить смещение (bias) boosting;
- улучшить прогнозы stacking.

Эти методы можно разделить на две группы.

- 1. Параллельные методы построения ансамбля, когда базовые модели генерируются параллельно (например, случайный лес). Эти методы используют независимость между базовыми моделями, а ошибка уменьшается методом усреднения. Отсюда основное требование к моделям низкая взаимная корреляция и широкое разнообразие.
- 2. Последовательные ансамблевые методы, в которых базовые модели генерируются последовательно (например, AdaBoost, XGBoost). Основная идея здесь использовать зависимость между базовыми моделями. Общее качество здесь можно повысить за счет присвоения более высоких весов тем примерам, которые ранее были неправильно классифицированы.

Большинство ансамблевых методов при создании однородных базовых моделей используют единый базовый алгоритм обучения. Это приводит к однородным ансамблям. Есть и методы, использующие гетерогенные модели (модели разных типов). В результате образуются гетерогенные ансамбли [1]. Чтобы ансамбли были более точными, чем любой их отдельный член, базовые модели должны быть максимально разнообразными [2]. Другими словами, чем больше информации поступает от базовых классификаторов, тем выше точность ансамбля.

Методы объединения моделей в ансамбли

Существует несколько методов объединения моделей в ансамбли:

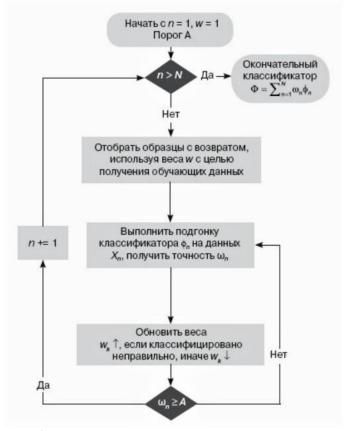
- 1. Оптимальный байесовский классификатор ансамбль, состоящий из простых классификаторов Байеса. взвешенных их апостериорными вероятностями.
- 2. Бэггинг ансамбль моделей, обучающихся параллельно, на различных случайных выборках одного и того же обучающего множества. Определение конечного результата определяется голосованием классификаторов ансамбля выбирается класс, который предсказало большинство классификаторов.
- 3. Бустинг ансамбль моделей, обучающихся последовательно, при этом каждый последующий алгоритм обучается на примерах, в которых предыдущий классификатор допустил ошибку. Считается, что бустинг дает более точные результаты, чем бэггинг, но при этом склонен к переобучению.

Kearns and Valiant были одними из первых, кто задались вопросом, можно ли объединить слабых оценщиков, для того чтобы достичь реализации высокоточного оценщика. Вскоре после этого Schapire продемонстрировал утвердительный ответ на этот вопрос, используя процедуру, которую мы сегодня называем бустированием (boosting, форсирование, усиление). В общих чертах она работает следующим образом.

- Шаг 1. Сгенерировать одно тренировочное подмножество путем случайного отбора с возвратом в соответствии с некими весами выборки (инициализируемым равномерными весами).
 - Шаг 2. Выполнить подгонку одного оценщика с помощью этого тренировочного подмножества.
- Шаг 3. Если одиночный оценщик достигает точности, превышающей порог приемлемости (например, в бинарном классификаторе она равна 50 %, чтобы классификатор работал лучше, чем случайное гадание), то оценщик остается, в противном случае он отбрасывается.
- Шаг 4. Придать больший вес неправильно классифицированным наблюдениям и меньший вес правильно классифицированным наблюдениям.

Шаг 5. Повторять предыдущие шаги до тех пор, пока не будут получены N оценщиков.

Шаг 6. Ансамблевый прогноз — это средневзвешенное значение индивидуальных прогнозов из N моделей, где веса определяются точностью индивидуальных оценщиков. Существует ряд бустированных алгоритмов, из которых адаптивное бустирование AdaBoost является одним из самых популярных (puc.1).



Puc. I – Поток принятия решений в алгоритме AdaBoost

Сравнение бэггинга и бустинга

Из приведенного выше описания можно сделать несколько выводов, которые делают бустирование совершенно отличающимся от бэггирования.

- 1. Подгонка индивидуальных классификаторов выполняется последовательно.
- 2. Слаборезультативные классификаторы отклоняются.
- 3. На каждой итерации наблюдения взвешиваются по-разному.
- 4. Ансамблевый прогноз представляет собой средневзвешенное значение индивидуальных учеников.

Главное преимущество бустирования состоит в том, что оно сокращает как дисперсию, так и смещение в прогнозах. Тем не менее исправление смещения происходит за счет большего риска переподгонки. Можно утверждать, что в финансовых приложениях бэггирование, как правило, предпочтительнее бустирования. Бэггирование решает проблему переподгонки, в то время как бустирование решает проблему недоподгонки. Переподгонка часто является более серьезной проблемой, чем недоподгонка, так как подогнать алгоритм машинного обучения слишком плотно к финансовым данным совсем не трудно из-за низкого соотношения сигнал/шум. Более того, бэггирование поддается параллелизации, тогда как бустирование обычно требует последовательного выполнения.

Список публикаций:

[1] Sergey Gorbachev and Vladimir Syryamkin // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 155. 01037.

[2] V. I. Syryamkin, S. V. Gorbachev, M. V. Shikhman // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol.516. №1.9p.

Планирование оптимальной траектории движения к заданной цели в трехмерном пространстве

Гуцал Вадим Александрович

Национальный исследовательский Томский государственный университет Vadya0994@mail.ru

Современные мобильные роботы способны выполнять не только команды, поступающие из центра управления, регламентирующие параметры движения (азимут, скорость, ускорение), но и самостоятельно планировать траекторию достижения целевого состояния, учитывая необходимость также решать задачи обхода препятствий. При этом ориентация в пространстве обеспечивается навигационной системой, использующей GPS/ГЛОНАСС, дополненной средствами системы ориентации: технического зрения, дальномером, инфракрасными датчиками и т.д. Совокупность этих средств обеспечивает мобильный робот достаточно объективной информацией о текущем местонахождении. Достижение целевого положения осуществляется по некоторой траектории, для предварительного планирования которой необходима информация о внешней среде пространстве, в котором будет производиться движение. Эти сведения доставляет карта местности, которая может быть получена из различных источников. Однако такая карта не может учитывать возможные изменения, обусловленные перемещением мобильных устройств (транспорт, люди), природных явлений (осадки), антропогенного воздействия на ландшафт, сезонных изменений природы и др. Тем не менее общее представление о местности, доставляемое картой, вполне достаточное, для осуществления, обобщенного (предварительного) планирования траектории движения.

Для планирования траектории полета на основе полученной карты местности предполагается построение трехмерного массива размерностью n, заполненного значениями 0 и 1, где 0 - является свободным путем, 1 - препятствием. На основе полученного массива выполняется вычисление оптимальной траектории полета, c учетом обхода препятствий и учитывающей физические размеры летательного аппарата для преодоления наиболее сложных препятствий. Ниже приведен пример построенной траектории Для реализации данной задачи используется алгоритм A^* . A^* пошагово просматривает все пути, ведущие от начальной вершины в конечную, пока не найдёт минимальный. В начале работы просматриваются узлы, смежные c начальным; выбирается тот из них, который имеет минимальное значение f(x), после чего этот узел раскрывается. На каждом этапе алгоритм оперирует c множеством путей из начальной точки до всех ещё не раскрытых (листовых) вершин графа — множеством частных решений, — которое размещается в очереди c приоритетом. Приоритет пути определяется по значению f(x) = g(x) + h(x). Алгоритм продолжает свою работу до тех пор, пока значение f(x) целевой вершины не окажется меньшим, чем любое значение в очереди, либо пока всё дерево не будет просмотрено. Из множества решений выбирается решение c наименьшей стоимостью. На рис. 1 приведен пример результата моделирования построенной траектории от текущего положения объекта до заданной цели в трехмерном пространстве реализованный в среде MatLab.

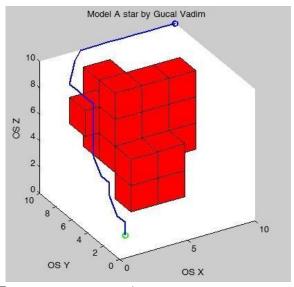


Рис. 1 – Пример результата моделирования построения траектории

После расчета координат точек, для прохождения оптимальной траектории при помощи данных с гироскопического датчика, который измеряет угол поворота устройства, исполнительными механизмами летательного аппарата вырабатываются определенные воздействия для прохождения координат точек, из которых состоит оптимальная траектория полета.

Сложность данной задачи проявляется в том, что заданная цель является движущимся летающим объектом, и для этого необходим эффективно быстрый пересчет заданной оптимальной траектории и эффективно быстрая реакция исполнительных механизмов для постоянного приближения к движущейся цели.

Список публикаций:

- [1] NEERĆ.IFMO.RU: Алгоритм A*. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=%D0%90%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0% BC_A* (дата обращения 01.12.21).
- [2] ROBOTOSHA.RU: Описание движения мобильного робота. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://robotosha.ru/robotics/robot-motion.html (дата обращения 01.12.21).
- [3] Шидловский С.В // Логическая система с перестраиваемой структурой в задачах управления технологическими процессами. Автометрия, 2005. Т. 41. № 4. С. 104-113.
- [4] Шидловский С.В., Сырямкин В.И., Шидловский В.С. // Перестраиваемые вычислительные среды в многосвязных системах автоматического управления. Телекоммуникации. 2010. № 10. С. 28-32.

Влияние цифровизации на развитие системы менеджмента качества

Исаева Мария Алексеевна Салимгараева Ирина Григорьевна

Национальный исследовательский Томский государственный университет Долгая Дарья Александровна, ассистент кафедры УК ФИТ ТГУ mari.rozens@gmail.com

Четвертая промышленная революция перешла из разряда обозримого будущего во вполне осязаемое настоящее. Массовое внедрение цифровых технологий во все сферы жизни, изменение психологии потребителей, новые рыночные условия – все это требует изменений не только в производственных процессах, но и в управлении. Эти изменения становятся возможными только с внедрением современных технологий на всех этапах жизненного цикла продукта и на всех уровнях управления предприятием. Одним из направлений внедрения современных технологий является цифровизация производства.

Внедрение системы менеджмента качества ориентирует компанию на постоянное совершенствование всех внутренних процессов и, благодаря этому, позволяет добиться положительного экономического эффекта. В настоящее время страна постепенно трансформируется в информационное общество, основанное на внедрении новых технологий и платформ. Оцифровка российского бизнеса предполагает активное использование инфокоммуникационных технологий (далее ИКТ), привлечение заинтересованных сторон к участию в деятельности компании, создание ее стоимости и имиджа на рынке. Цифровой век больше не является просто возможностью для компаний играть по-крупному, но зачастую это просто необходимо сделать для того, чтобы оставаться на плаву. Интернет объектов завершает перенос в единый цифровой мир всех участников рынка - предприятий, потребителей и их деятельности, связанных объектов. Развитие цифровых технологий оказывает влияние на давно сложившуюся практику организаций в рамках СМК по серии стандартов ISO 9000.

Среди международных исследований, посвященных определению влияния цифровизации на системы менеджмента качества, можно упомянуть работы П. Корреа и А. Фернандеса. П. Корреа и А. Фернандес в рамках международного исследования компаний в Азии и Восточной Европе выявили сильную связь между использованием информационных технологий и инноваций в деятельности, а также СМК по серии стандартов ISO 9000 как технологией управления качеством. Они показали, что внедрение информационных и коммуникационных технологий в деятельность по управлению качеством обусловлено больше давлением потребителей, чем давлением конкурентов или поставщиков.

Особо следует отметить результаты международного исследования экспертов по человеческому капиталу из Deloitte Institute, в котором определен ряд областей для перехода компаний к цифровому стратегическому планированию. Исследование основано на опросе более 10 400 руководителей компаний и HR в 140 странах. Среди направлений цифровизации компаний они назвали: во-первых, укрепление человеческих ресурсов (роботизация, искусственный интеллект, автоматизация); во-вторых, внедрение когнитивного найма (мобильный способ взаимодействия с кандидатами, укрепление НК-бренда); в-третьих, развитие цифрового лидерства («цифровой лидер», который может создавать команды, обеспечивать непрерывное взаимодействие и вовлеченность сотрудников, развивать культуру инноваций, контролировать аппетит к риску и создавать условия для постоянного совершенствования); в-четвертых, непрерывное обучение сотрудников. Таким образом, использование цифровых технологий для разработки системы менеджмента качества будет сопровождаться повышением качества и доступности продуктов / услуг для потребителей, что приведет к ожидаемому увеличению прибыли, а также увеличению прибыли и конкурентоспособности. Кроме того, цифровые технологии позволяют значительно снизить затраты компаний (транзакционные, кадровые) и создать инновационный потенциал. Цифровизация компаний вызывает трансформационные процессы в самой СМК. Можно выделить ряд областей, которые претерпели изменения: отношения с заинтересованными сторонами, принципы СМК, процесс анализа и целевые индикаторы эффективности СМК. Важным направлением трансформации СМК является дополнение ее принципов. В условиях цифровизации в рамках СМК стоит использовать следующий набор принципов:

- принцип гибкости СМК должна легко изменяться, если есть потенциал для улучшения качества услуг, производительности труда, рентабельности, снижения затрат, текучести кадров;
- принцип новаторства СМК должна способствовать развитию инновационного потенциала компании, поощрять инициативу сотрудников, привлекать внешние ресурсы для создания инноваций;

- принцип продуктивности - СМК должна использовать ИКТ (роботизация, CRM-системы и т. д.) для повышения качества обслуживания, снижения затрат, а также для обучения сотрудников и развития цифровых компетенций персонала.

Влияние оцифровки определяет изменение принципов оценки эффективности СМК в сторону непрерывного анализа. Непрерывность анализа означает постоянный мониторинг всех элементов СМК с целью повышения ее результативности и действенности. Важно подчеркнуть, что в настоящее время непрерывный анализ СМК является полностью жизнеспособной процедурой, поскольку в контексте оцифровки показатели результативности и эффективности цели становятся объективными и доступны в Интернет-пространстве в виде форумов, оценки компаний (например, классификация людей, классификация услуг и т. д.), что позволяет получать необходимую информацию о компании в режиме реального времени.

Цифровая трансформация - это проблема, которую руководство любой современной компании должно решить, чтобы оставаться конкурентоспособным и обеспечивать устойчивое развитие в меняющейся среде. Поэтому руководство компании должно заранее планировать процесс цифровой трансформации, последовательно реализовывать его и постоянно отслеживать, чтобы достичь желаемых результатов и соответствовать новым требованиям бизнес-среды.

Исследование сварных швов с помощью рентгеновского 3D микротомографа

Клестов Семен Александрович¹ Сырямкин Владимир Иванович¹ Сунцов Сергей Борисович²

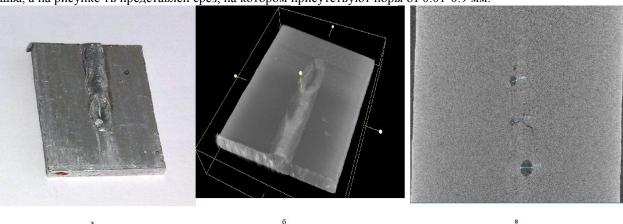
¹Национальный исследовательский Томский государственный университет ²АО «Информационные спутниковые системы» Имени академика м. Ф. Решетнёва»

Klestov simon@mail.ru

Сегодня компьютерная микротомография — это основной метод визуализации трехмерной внутренней микроструктуры органических и неорганических объектов с использованием рентгеновского излучения. Метод аналогичен медицинской томографии, но обладает значительно более высоким пространственным разрешением. Сканирование визуализирует всю внутреннюю трехмерную структуру объекта и полностью сохраняет образец для других видов исследований[1-6].

Существует необходимость изучения внутренней структуры объектов, непрозрачных в видимом диапазоне электромагнитного излучения, особенно биологических, с микронным разрешением. Развитие методов рентгеновской микроскопии позволило заглянуть внутрь непрозрачных объектов с разрешением, превышающим возможности оптической микроскопии [7-12].

Примером исследования служит пластина алюминия на которой выполнен сварочный шов, представленный на рисунке 1а. На рисунке 1б представлена реконструкция на микротомографе сварочного шва, а на рисунке 1в представлен срез, на котором присутствуют поры от 0.01-0.9 мм.



Puc. 1 - a - oбразец (сварочный шов), 6 - pеконструкция образца, в - cpeз образца.

Обладая высоким разрешением в диапазоне от 1 до 13 микрон, 3D-реконструкции исследуемых объектов позволяют исследовать, не разрушая и повреждая образец, ранее недоступные участки под любым удобным ракурсом, заданным оператором.

При анализе аналогичных устройств на рынке было выявлено, что разработанный прибор превосходит аналоги. Преимуществами является мобильность, компактность, возможность работать как в стационарных условиях, так и в мобильных передвижных установках, возможность работать в комплекте с другим оборудованием, очень низкая цена при качестве, не уступающему конкурентам.

Сочетание вышеперечисленных преимуществ системы позволяет обеспечить наивысшее быстродействие и качество оценки состояния исследуемых материалов, а также высокую конкурентоспособность разработки, позволяющую обеспечить импортозамещение подобных систем на территории Российской Федерации и создание новой ниши товаров российского производства на мировом рынке рентгенооптических систем.

Список публикаций:

[1] Bureev a.sh., Klestov s.a., Kutsov m.s., Osipov a.v., Osipov yu.m., Syryamkin v.i., Suntsov s.b. digital x-ray tomography edited by v.i. syryamkin, Изд-во Red Square Scientific, Ltd. (Лондон) 2015, с. 146.

[2] Бондарчук А.С., Боровик В.С., Гуцул В.И., Евтушенко В.Г., Клестов С.А., Кузнецов Д.Н., Марченко В.В., Марченко М.В., Пешкичев Р.Ю., Попков А.И., Пыхтырев В.С., Сахапов Д.А., Судакова Е.С., Сырямкин В.И.1, Сырямкин М.В., Шатравин В.В., Шумилов В.Н. Интеллектуальные робототехнические и мехатронные системы Изд-во "СТТ" (Томск), 2017, c.256.

- [3] V. I. Syryamkin, S. B. Suntsov, S. A. Klestov, and E. S. Echina Design of smart 3D-digital X-ray microtomographic scanners for non-destructive testing of materials and components of electronic devices with a multilayered structure, Citation: AIP Conference Proceedings 1683, 020227 (2015); doi: 10.1063/1.4932917
- [4] Сырямкин В.И. и другие. Современные методы исследования материалов и нанотехнологий. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2013. 410 с.
- [5] Патент на изобретение RU 2505800. Способ рентгеновской томографии и устройство для его осуществления. Сырямкин В. И. и др. 27.01.2014 Бюл. №3
- [6] Бубенчиков М.А., Газиева Е.Э., Гафуров А.О., Глушков Г.С., Жданов Д.С., Саньков Д.В., Сырямкин В.И., Шидловский С.В., Юрченко А.В. Современные методы исследования материалов и нанотехнологий. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2010.366 с.
- [7] Digital Xray Tomography 2nd edition: nep. с русский /Syryamkin V.I., Klestov S.A., Suntsov S.B.; trans.: Tatiana B. Rumyantseva; ed.: Syryamkin V.I. London: Red Square Scientific, 2020. 200 p.
- [8] Клестова Т.С., Клестов С.А. ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ РЕНТГЕНОВСКОГО 3D МИКРОТОМОГРАФА В сборнике: Интеллектуальные системы 4-й промышленной революции. Сборник материалов III Международного форума. Под редакцией В.И. Сырямкина. 2020. С. 15-16.
- [9] Клестов С.А., Сунцов С.Б. ИССЛЕДОВАНИЕ РЭА С ПОМОЩЬЮ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО РЕНТГЕНОВСКОГО 3D МИКРОТОМОГРАФА ДЛЯ АВИА- И АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В сборнике: Интеллектуальные системы 4-й промышленной революции. Сборник материалов III Международного форума. Под редакцией В.И. Сырямкина. 2020. С. 21-23.
- [10] Klestov S.A. DIGITAL 3D X-RAY MICROTOMOGRAPHIC SCANNERS FOR ELECTRONIC EQUIPMENT TESTING В сборнике: Intelligent Systems of the 4th Industrial Revolution. Сборник материалов III Международного форума. Под редакцией В.И. Сырямкина. 2020. С. 134-136.
- [11] Klestov S.A., Syryamkin V.I., Suntsov S.B. DIGITAL 3D X-RAY MICROTOMOGRAPHIC SCANNERS FOR ELECTRONIC EQUIPMENT TESTING В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. International Conference "Actual Trends in Radiophysics". 2020. C. 012045.
- [12] Сырямкин В.И., Клестов С.А., Сунцов С.Б СПОСОБ РЕНТГЕНОВСКОЙ ТОМОГРАФИИ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ . Патент на изобретение 2745304 C1, 23.03.2021. Заявка № 2020133674 от 14.10.2020.

Алгоритм высокоскоростного поиска границ опухоли на участке MPT-изображения ${\it Kohahbixuh\ Anekcahdp\ Hopbebuu^1}$

Конаныхина Татьяна Николаевна¹, Халин Игорь Алексеевич², Абрамова Татьяна Викторовна³

¹ Юго-Западный государственный университет,

² Курский государственный медицинский университет

³ Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова <u>alexanderkonan@yandex.ru</u>

В современном мире высокую актуальность имеет задача распознавания границ или нахождения областей изображения, например, при диагностировании злокачественных опухолей в медицине. Тенденция развития радиологии направлена на совершенствование компьютерных технологий с целью повышения эффективности интроскопических исследований. Проблема обнаружения и распознавания границ объекта не имеет оптимального решения в связи с постоянным появлением новых задач в этой области и ростом объема вычислений. Большая часть разработанных в настоящее время алгоритмов не позволяет в той или иной мере воспроизвести необходимую точность распознавания и обнаружения информации, поскольку имеют ряд ограничений.

Целью работы является разработка алгоритма поиска границ опухолей на КТ и МРТ изображениях, что позволяет снизить нагрузку на лицо принимающее решение за счет выделения подозрительной области на снимке и снизить человеческий фактор при принятии решения вкупе с повышением его точности. В исследовании использовались открытые библиотеки OpenCV, включающие в себя готовые функции обработки изображений.

Для удобства восприятия и более понятного процесса работы мы условно разделим разработанный алгоритм на несколько этапов:

- ввод изображения и сохранение данных о полученном изображении (сохранение данных о полученном изображении было разработано и включено с целью расширения спектра применения алгоритма);
- улучшение изображения и фильтрация. Поскольку существует необходимость увеличения скорости и точности алгоритма, для обеспечения быстродействия необходимо изначально улучшить изображение и отфильтровать шумы и артефакты, а также исключить из анализа участки изображения, не несущие информационную нагрузку, что позволяет увеличить скорость работы алгоритма.
- анализ полученного изображения, выделение и подсвечивание областей, пораженных опухолью, основанный на том, что при проведении данных исследований в ткани пациента вводится контраст, благодаря чему опухоль будет иметь более контрастное отображение на снимке.

Было обнаружено, что наилучшие результаты для задачи фильтрации изображения показывает фильтр Гаусса (1) с медианной окрестностью 4, который в процессе работы позволяет сохранять наиболее четкие контуры исследуемого изображения вместе с устранением ненужных шумов и оптимизацией изображения для дальнейшей обработки и распознавания необходимых объектов.

$$g(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}}$$
(1)

где σ — стандартное отклонение нормального распределения; x — горизонтальное смещение от центра ядра свёртки; y — вертикальное смещение от центра ядра свёртки.

Улучшение изображения часто происходит путем регулировки значений интенсивности, так называемых уровней градаций серого. Для этого улучшения предлагается применить следующие маски, используемые оператором Собеля, а также увеличить контрастность изображения.

-1	-2	-1	-1	0	1
0	0	0	-2	0	2
1	2	1	-1	0	1

Рис. 1 – Маски оператора Собеля

Выделяем контуры каждой области для каждого из показателей серого. В работе применено сочетание двух технологий нахождения контуров: алгоритма Кенни и оператора Собеля, но большое количество найденных контуров значительно затрудняет анализ изображения. Поскольку ставится задача повысить

быстродействие алгоритма, предложено отсечь границы, имеющие низкую информационную ценность, найдя пороговое значение согласно формуле (2)

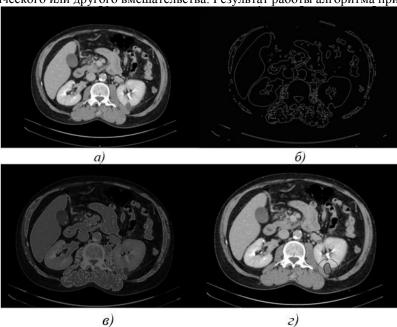
$$Tres = \sqrt{\frac{1}{M^2} \sum_{x=1}^{M} \sum_{y=1}^{M} M_S f(x, y)}$$
 (2)

где x, y – координаты пикселя, M – размер массива модулей по вертикальной и горизонтальной характеристикам.

Поскольку нахождение границ проводилось в условиях недостаточного разрешения, для дальнейшей обработки изображения предлагается использовать встроенные функции библиотеки OpenCV, а именно получить информацию из сегментированного изображения с использованием алгоритма WaterShed, позволяющим улучшить способность точно выбирать желаемую область, отмечая искомый объект и фоновый маркер. Также необходимо нормировать текущий результат.

Следующим шагом блока сегментации является нахождение связи между соседними пикселями [1], во время которой процесс суммирования проходит через все соседние пары пикселей, формулируя компоненту, которая отвечает за связь между пикселями.

Далее полученное изображение сверяется с эталонными данными нейросети, на выходе подсвечивающей участок изображения с возможной опухолью [2]. Полученные в ходе данных преобразований контуры изображения накладываем на исходное изображение для увеличения наглядности и для дальнейшего уточнения результата работы квалифицированным оператором и упрощения человеческого анализа, например, для дальнейшего хирургического или другого вмешательства. Результат работы алгоритма приведен на (рис.2)



Puc.2 – Найденные границы объекта на участке MPT изображения: а) исходное изображение, б) найденные с использованием алгоритма WaterShed контуры; в) наложение контуров на исходное изображение г) найденное границы опухоли

Опираясь на результаты экспериментальных исследований можно ожидать, что при достаточном разрешении изображения разработанный алгоритм позволяет обнаруживать границы опухоли с достаточно высокой вероятностью (90-95%), однако это зависит от качества исходного изображения и количества обнаруженных областей в процессе его работы.

Список публикаций:

[1] Mehdi L., Solimani A., Dargazany A. Combining wavelet transforms and neural networks for image classification [Tekcm] / Mehdi L. // 41st Southeasten Symposium on System Theory, Tullahoma, TN, USA, 2009. P. 44–48.

[2] Automatic processing of ultrasound images of the prostate / Burmaka A.A., Razumova K.V., Milostnaya N.A., Krupchatnikov R.A. // Biomedical Engineering, 2016. T. 50. № 3. C. 210-213.

Применение технологии блокчейн в системе образования

Косенкова Людмила Андреевна

Погуда Алексей Андреевич

Национальный исследовательский Томский государственный университет beeflowerstomsk@mail.ru

В работе рассматривается принцип работы распределенной системы, схема их устройства.

Рассматриваются различные виды систем управления: централизованные, децентрализованные, распределенные. Описывается принцип их работы, а также плюсы и минусы каждой из этих систем.

В первую очередь, для того чтобы описать понятие систем управления, необходимо раскрыть понятие система и управления отдельно.

Управление — целенаправленное воздействие на процессы для изменения их прохождения с целью достижения желательного результата или избегания нежелательного.

Система — совокупность интегрированных и регулярно взаимодействующих или взаимозависимых элементов, созданная для достижения определённых целей, причём отношения между элементами определены и устойчивы, а общая производительность или функциональность системы лучше, чем у простой суммы элементов (PMBOK).

Исходя из этого, мы можем рассмотреть понятия централизованного, децентрализованного и распределенного принципа управления.

Централизованные системы управления. Иерархия в таких системах линейная. Суть работы централизованных систем заключается в том, что весь контроль за системой осуществляется в одной точке управления. В этой точке осуществляются все процессы и принимаются решения по работе системы, или ее отдельных элементов.

В работе рассматривается уязвимость централизованной системы, применяемой при построении системы безопасности ВУЗа, а также проблемы, которые возникают в данной системе систематически.

На данный момент, в ВУЗе реализована модель, зависящая от одного командного узла, что делает её уязвимой к атакам и сбоям.

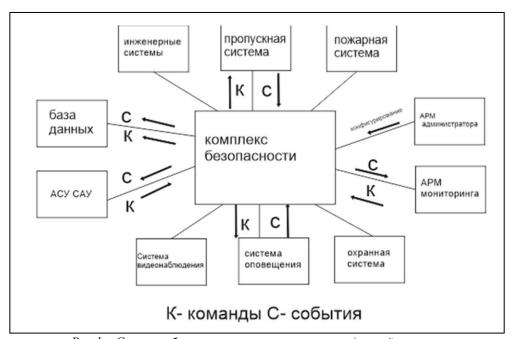


Рис.1 – Система безопасности, применяемая на данный момент

Предлагается решение в виде децентрализованной системы на основе технологии блокчейн, что позволяет сделать систему устойчивой к атакам, сбоям.

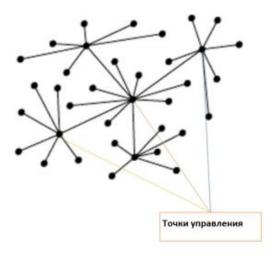


Рис.2 – Схематическое представление децентрализованной системы управления

Цифровые двойники как метод улучшения качества управления Особойэкономической зоной

Косицын Владислав Александрович

Национальный исследовательский Томский государственный университет vladislavkositsyn@gmail.com

Цифровой двойник — это цифровая (виртуальная) модель любых объектов, систем, процессов или людей. Она точно воспроизводит форму и действия оригинала и синхронизирована с ним. Цифровой двойник необходим для моделирования того, что будет происходить с оригиналом в тех или иных условиях.

Особая экономическая зона технико-внедренческого типа (далее ОЭЗ ТВТ) — определяемая Федеральным законом РФ от 22.07.2005 № 116-ФЗ часть территории Российской Федерации, на которой действует особый режим осуществления предпринимательской деятельности, а также может применяться таможенная процедура свободной таможенной зоны.

Для резидентов ОЭЗ ТВТ – высокотехнологичных компаний создается уникальная деловая среда для активного развития инновационного бизнеса, производства научно-технической продукции и вывода её на внутренний и внешний рынки.

Особая экономическая зона технико-внедренческого типа г. Томска (далее ОЭЗ ТВТ г. Томска) была создана постановлением Правительства РФ от 21.12.2005 № 783 в результате победы Томской области в Федеральном конкурсе по отбору заявок субъектов РФ на создание на их территориях особых экономических зон технико-внедренческого типа. Всего в России 5 ОЭЗ данного типа. Кроме Томска — Санкт-Петербург, Москва (Зеленоградский административный округ), Московская область — г.Дубна, республика Татарстан (территория Верхнеуслонского и Лаишевского муниципальных районов).

На данные от 2020 года, в ОЭЗ г. Томска работает 40 резидентов и около 30 компаний без этого статуса. Основные направления деятельности — IT, электроника, нанотехнологии и новые материалы, биотехнологии и медицина, ресурсосберегающие технологии. За годы работы ОЭЗ в компаниях-резидентах создано более 2,5 тыс. рабочих мест, а общий объем полученной выручки составляет более 26 млрд рублей. Изменение количества резидентов ОЭЗ ТВТ г. Томска представлено на рисунке 1.

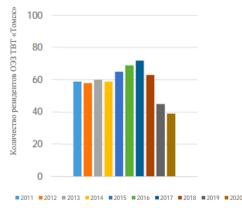


Рис. 1 – Зависимость количества резидентов ОЭЗ ТВТ г. Томска с 2011 по 2020 года

Исходя данных представленных на рисунке 1 видно, что количество резидентов ОЭЗ ТВТ г. Томска уменьшилось на 50-60% за последние 4 года.

К причинам снижения количества респондентов относятся:

- повышение процента оплаты статуса резидента;
- рост компаний и выход из ОЭЗ ТВТ г. Томска;
- переезд в более удобное расположение для целей компании;
- ухудшения транспортных условий.

Впервые концепцию цифрового двойника описал в 2002 году Майкл Гривс, профессор Мичиганского университета. В своей книге «Происхождение цифровых двойников» он разложил их на три основные части:

- Физический продукт в реальном пространстве;
- Виртуальный продукт в виртуальном пространстве;
- Данные и информация, которые объединяют виртуальный и физический продукт.

Для улучшения качества управления ОЭЗ ТВТ г. Томска возможно применить технологию цифрового двойника для:

- планирования строительства объектов инфраструктуры;
- для управления электроснабжением инфраструктуры;
- для прогноза и управлении показателями эффективности ОЭЗ;
- для отдельных производственных цепочек компаний-резидентов;
- для управления транспортной инфраструктурой.

С помощью цифровых двойников можно построить модель будущего здания и спрогнозировать, как оно впишется в среду, выдержит климатические условия и нагрузки на несущие конструкции.

Цифровые двойники применяют, чтобы оптимизировать работу электростанций, избежать сбоев в подаче электричества и рационально подойти к энергопотреблению.

Цифровые двойники позволяют спрогнозировать загрузку залов, перемещение клиентов и сотрудников, оптимальный уровень освещенности и температуру.

Цифровые двойники могут воспроизводить целые производственные цепочки, проводя виртуальные испытания и предупреждая сбои в работе оборудования.

С помощью цифровых двойников можно оптимизировать маршруты транспорта, работу технических служб и пассажиропотоки.

Для повышения качества управления ОЭЗ ТВТ г. Томск на общем цифровом двойнике можно отслеживать транспортные потоки, работу коммуникаций, застройку, экологическую обстановку и энергопотребление, чтобы вовремя вносить важные изменения.

Проблемы низкого качества управления предприятием

Михайленко Вероника Дмитриевна Кукушина Мария Сергеевна

Национальный исследовательский Томский государственный университет, veronika_1999mihailenko@mail.ru

Качество управления может быть исследовано в различных сферах деятельности и с различных позиций. На сегодняшний день, качество управления — это фактор системной организации предприятия, который обеспечивает рыночную устойчивость, конкурентоспособность и экономическую безопасность.

Следовательно, качество управления предприятием включает в себя свойства, протекающие в системе управления информационных, трудовых и других процессов, а также результативность деятельности предприятия на рынке, определение в какой степени выпускаемая продукция предприятия соответствуют потребностям потребителей, а используемые стратегии – действиям конкурентов.

Причины низкого качества управления.

Причины низкого качества управления предприятием весьма разнообразны, однако можно выделить наиболее важные причины.

Во-первых, причиной низкого управления может стать компетентность руководителей и их способность решать возникающие проблемы. Поскольку они воздают условия для достижения стратегических целей организации, несут ответственность за реализацию стратегических целей за счет выполнения конкретных задач. Следовательно, руководитель организации, который не обладает достаточными навыками и умениями станет одной из причин низкого качества управления.

Во-вторых, отсутствие у руководителя четкого понимания, что именно должно быть на выходе в результате деятельности предприятия. Следовательно, цели работ либо отсутствуют вообще, либо сформулированы недостаточно четко, поэтому персонал предприятия не понимает какой вклад вносит в деятельность и каким образом влияет на качество продукта (услуги).

Следующей причиной является отсутствие системы планирования. Отсутствие планирования не позволяет своевременно оценить, каким образом выполняемые задачи и действия соотносятся с целями предприятия.

Отсутствие системы управления мотивацией персонала. От того, насколько мотивированны сотрудники, зависит их направленность на цели предприятия, а также желание достигать и обеспечивать необходимый результат.

Отсутствие инструментов для оценки эффективности и контроля выполняемых действий приводит к тому, что руководитель испытывает перегрузку текущими задачами и не может эффективно организовать процесс управления подчиненными сотрудниками.

Основные методы совершенствования системы управления предприятием.

Совершенствование системы управления касается всех сфер деятельности предприятия, а именно, процесса производства и сбыта, финансового состояния предприятия, маркетинга, персонала, а также организационной культуры.

Для совершенствования сильных и слабых сторон предприятия, руководство может использовать метод для диагностики внутренних проблем предприятия, который называется управленческим обследованием. Согласно данному методу, рекомендуется рассмотреть следующие сферы деятельности предприятия:

- Производство;
- Финансы;
- Маркетинг;
- Персонал;
- Имидж организации;
- Организационную культуру.

Вышеперечисленные сферы деятельности представляют собой анализ внутренней среды предприятия, но проводимые исследования затрагивают и факторы внешней среды предприятия. Анализ внешней среды проводят с целью определения потенциальных угроз и новых возможностей для предприятия. На основе анализа внешней среды разрабатывается стратегия, которая позволит предприятию достигнуть целей и обратить потенциальные угрозы в выгодные возможности. При анализе внешней среды рассматриваются следующие факторы:

- Экономические:
- Рыночные:
- Политические;
- Социальные:
- Анализ факторов конкуренции.

Для обеспечения устойчивости на рынке и обеспечения конкурентоспособности предприятия необходимо исследовать систему управления.

Исследование систем управления - это вид деятельности, направленный на развитие и совершенствование управления в соответствии с постоянно изменяющимися внешними и внутренними условиями. Результатом исследования будут рекомендации, модели, методы, способствующие успешному разрешению проблемы, пониманию ее содержания, истоков, последствий. Проведение исследований и анализ любой конкретной системы управления как объекта необходимо, прежде всего, для обеспечения конкурентоспособности предприятия на рынке товаров (услуг), для повышения эффективности функционирования подразделений и организации в целом. Понять, как успешно и своевременно достигаются поставленные цели, можно только с помощью исследования работы этих подразделений и конкретных исполнителей и руководителей.

Современное состояние управления качества предприятиями вызывает необходимость систематизации не только причин существующего положения, но и путей совершенствования. Требуется последовательное осуществление комплекса взаимосвязанных мероприятий на всех уровнях. Поскольку возможности многих предприятий не позволяют все практические решения реализовать в равной мере, необходимо выделять приоритетные направления, на которых следует сконцентрировать силы и ресурсы. Особое значение приобретает скоординированнность действий в процессе выполнения поставленных задач.

Автоматизация жизненного цикла продукции с помощью системы 1C Моторина Мария Николаевна

Национальный исследовательский Томский государственный университет Сырямкин Владимир Иванович, д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Управления качеством» ТГУ Motorina otk@mail.ru

Контроль за жизненным циклом продукции должен осуществляться начиная с заказа на производство и заканчивая отгрузкой готовой продукции [1]. Во время производства набирается огромный массив информации, которую необходимо систематизировать, анализировать [2]. Для того, чтобы автоматизировать все проводимые операции предлагаю использовать такую систему как 1С.

Рассмотрим автоматизацию процесса с помощью системы 1С на примере участка механообработки.

Система «производственный учёт» реализует бизнес-процессы планирования и учёта производственных операций с точкой входа «Заказ на производство» и точкой выхода «Отчёт производства за смену». Запуск партии деталей в производство начинается с создания заказа на производство. Затем следует создание маршрутно-предъявительской карты, где учитываются данные о материале, его количестве. Также в маршрутно-предъявительской карте можно узнать и отследить такую информацию как:

- 1. количество и наименование операций;
- 2. фамилия оператора, выполнявшего работу;
- 3. дата и время выполнения задания;
- 4. номер заказа на производство.

Во время прохождения контрольной операции на партию деталей может быть составлен акт технического контроля, при обнаружении контролером качества несоответствия деталей конструкторской документации. В данном акте будет указана информация:

- 1. о несоответствии;
- 2. сотруднике, допустившем несоответствие;
- 3. класс дефекта;
- 4. причина несоответствия.

Далее акт в системе 1С будет направлен в технологический отдел для принятия решения. На этом шаге будет принято решение, влияют ли отклонения на работоспособность детали, а также возможно ли исправить отклонение. При необходимости будет указан технологический процесс, необходимое время на доработку. Далее акт направляется в конструкторский отдел для комментирования плана технологов или же внесения своих предложений. Следующий шаг идёт за менеджером проекта или выбранным ответственным лицом. Будет принято решение либо о принятии без доработки, о доработке детали, согласно плану или же детали уйдут в окончательный брак. Последний шаг это - производственно-диспетчерское бюро. Согласно вынесенному решению необходимо произвести изменение технологического процесса, запустить маршрутнопредъявительскую карту на доработку, если детали забраковали, материал необходимо будет списать. А если детали приняли без доработки, то партия будет направлена на следующую операцию согласно маршрутнопредъявительской карте.

При возникновении любого спорного момента, в системе всегда можно отследить весь маршрут изготовления детали. Например, при возврате от заказчика детали, вышедшей из строя, можно определить сотрудников, которые изготавливали и проводили контроль, для предотвращения в дальнейшем похожих ошибок.

Автоматизирование любого процесса облегчает работу всего предприятия и позволит максимально избежать такого понятия как человеческий фактор. Необходимая информация будет сформирована и сохранена на срок, установленный нормативными документами.

Список публикаций:

[1] Громаков Е. И., Солдатов А. Н., Александрова Т. В. // Управление процессами // Томск: Изд-во Томского ун-та. 2013. 308 с.

[2] Сырямкин В. И., Филонов Н. Г., Кузнецов Д. Н. // Средства и методы управления качеством // Томск: Издат. дом Томского гос. ун-та. 2018. 385 с.

Составление карты потока создания ценностей на предприятии *Моторина Мария Николаевна*

Национальный исследовательский Томский государственный университет Сырямкин Владимир Иванович, д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Управления качеством» ТГУ Motorina otk@mail.ru

Стремительно развивающийся рынок промышленности приводит к высокой конкуренции, что требует от компаний, для успешной конкурентоспособности, повышения качества предоставляемых товаров (услуг) с уменьшением или полном устранении любых видов потерь. Для достижения этих целей предприятия внедряют концепцию «бережливое производство» (далее БП) [1], которая получило широкое распространение, как в зарубежных, так и в российских компаниях.

В современном мире существуют десятки инструментов БП [2,3]. На предприятии, где я проводила анализ проблем, внедрены следующие инструменты:

- система «5S» эффективное распределение и организацию рабочего пространства, и поддержание его в порядке;
- «Кайдзен» принцип, при котором процесс совершенствования принято считать бесконечным, а время производительности всегда можно снизить, как и количество бракованных деталей, затрат на производство и т.п.

Внедрение инструментов БП не гарантирует чистоту рабочего места, отсутствие любых видов ожиданий, задержек, простоев деталей, приводящих к дефициту производительности или отсутствию брака. Анализ на предприятии выявил следующие проблемы:

- на станках после окончания рабочей смены остаётся смазочно-охлаждающая жидкость, стружка, хотя в должностных обязанностях работников входит уборка и подготовка рабочего места и оборудования к следующей смене, для чего выделяется время по окончанию рабочего дня;
- работник, зная, что допустил брак, передает детали на следующую операцию, предполагая, что деталь можно будет применить с отклонением или, надеясь, что сотрудник отдела технического контроля не заметит несоответствие.

Для решения вышеописанных проблем и в рамках развития производственной системы предприятия, считаю было бы необходимым создать рабочую группу и план мероприятий для реализации картирования потока создания ценностей предприятия.

Картирование потока создания ценности (далее КПСЦ) – является основой БП, минимизирует потери и позволяет провести выравнивание нагрузки исполнителей операции в потоке создания ценности (далее ПСЦ), синхронизирует основные и вспомогательные процессы. Различают два вида КПСЦ: текущего состояния и будущего состояния.

Цели карты потока создания ценностей предприятия:

- 1. обеспечить возможность видеть не отдельный производственный процесс, а весь поток, сформировать единые подходы к улучшению процессов предприятия;
 - 2. объединить между собой все связи элементов потока создания ценностей;
- 3. выявить проблемы, узкие места, возможные риски для анализа, классификации, до следующего решения и установления областей улучшения ПСЦ;
- 4. проводить анализ изменений ситуации в ходе реализации процесса и принимать оперативные решения;
- 5. разработать и реализовать план мероприятий по повышению эффективности ПСЦ и на любом этапе контролировать ход его выполнения;
- 6. сформировать базу данных стандартных фрагментов процессов, ранее картированных и оптимизированных, и использовать их для параллельных и будущих процессов.

Анализ текущего состояния процесса и его картирование направлено на увеличение доли времени создания ценности. КПСЦ составляется в тех случаях, когда владелец процесса определяет целевые задачи и параметры по улучшению процесса.

Оперативный контроль реализации плана мероприятий по преобразованию ПСЦ в целевое состояние рекомендуется проводить еженедельно на совещаниях рабочей группы.

Для оценки эффективности реализации плана мероприятий рекомендуется отслеживать динамику достижения целевых показателей на графиках. Если в результате реализованных мероприятий были сокращены сроки выполнения работ на картах ПСЦ текущего и целевого состояния делается отметка (стикером, флажком)

о завершении работы. Также на картах ПСЦ необходимо зафиксировать полученный результат отметкой о сокращении срока.

При отсутствии результатов при реализации плана мероприятий, его необходимо пересмотреть в части последовательности и сути мероприятий, ответственных исполнителей, объёмов используемых ресурсов.

Для использования достигнутого результата в производительном процессе и исключения повторного возникновения проблем и потенциальных рисков, необходимо внести изменения в соответствующие документы (стандарты, инструкции, методики и т.д.) или разработать и ввести в действие новые руководящие документы. Для визуализации процесса решения проблем рекомендуется использовать бланк формата АЗ, на котором схематично отражается процесс решения проблемы. Любая решённая проблема должна быть отражена в обучающих программах или базе знаний предприятия. Предприятие обязано учиться на собственных ошибках и накапливать знания о решенных проблемах.

Построение карты ПСЦ будущего состояния проводится рабочей группой по тем же принципам и с теми же условными обозначениями, что и карта ПСЦ текущего состояния. Карта ПСЦ будущего состояния размещается под картой текущего состояния.

Рекомендуется построить карту ПСЦ идеального состояния, с полным отсутствием основных потерь, проблем и рисков. К идеальному состоянию ПСЦ следует стремиться, но его достижение практически невозможно реализовать в рамках процесса. При построении карты ПСЦ идеального состояния возможные проблемы и ограничения не рассматриваются.

После построения КПСЦ целевого состояния и в ходе реализации проекта по результатам контроля и анализа могут быть выявлены новые проблемы, что требует непрерывной работы по их устранению. Таким образом, дальнейшая оптимизация КПСЦ производится путём многократного повторения циклов работ в соответствии с данными методическими рекомендациями.

Технология бережливого производства на прямую влияет на качество выпускаемой продукции. Таким образом, при внедрении системы значительно улучшаются взаимоотношения с заказчиком, а также уменьшается количество брака. Следовательно, система менеджмента качества должна постоянно улучшаться и совершенствоваться.

Список публикаций:

[1] Тайити Оно. // Производственная система Тойоты: уходя от массового производства. // М: Издательство ИКСИ, $2008.\,\,194$ с.

[2] Вумек Дж.П., Джонс Д.Т. // Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании // Пер. с англ. С. Турко. // М.: Альпина Паблишер, 2013. 443 с.

[3] Сырямкин В. И., Филонов Н. Г., Кузнецов Д. Н. // Средства и методы управления качеством // Томск: Издат. дом Томского гос. ун-та. 2018. 385 с.

Алгоритм бинарного извлечение признаков нейронных сетей в задаче классификации объектов

Пославский Сергей Игоревич

Национальный исследовательский Томский государственный университет Шашев Дмитрий Вадимович, канд. техн. наук travoltaj237@gmail.com

Современные подходы в области машинного обучения зачастую оказываются особенно эффективными лишь в случае, когда нам доступны большие объемы данных и обширные вычислительные ресурсы. Однако же в real-time приложениях либо приложениях для встраиваемых систем вычислительная инфраструктура обычно сильно ограничена уже на этапе проектирования, что фактически исключает использование большинства современных ресурсоемких подходов глубокого обучения [1]. Для создания эффективных алгоритмов глубокого обучения в такого класса приложениях, необходимо рассмотреть несколько ключевых проблем:

Вычислительная сложность. Вычислительные затраты на предсказание должны соответствовать доступным ресурсам встраиваемых систем и оптимально использовать доступное оборудование с точки зрения энергоэффективности [2].

Качество прогнозирования. Чтобы достичь оптимальной производительности прогнозирования при одновременном снижении вычислительной сложности и учитывая ограничения энергопотребления, для встраиваемых систем необходимо найти баланс между сложностью модели и качеством прогнозирования.

Архитектурная сложность. Сложность модели должна удовлетворять ограничениям ресурсов встраиваемых систем, особенно, в отношении объема памяти.

Далее в докладе мы фокусируемся на глубоких нейронных сетях (DNN) как на наиболее распространенных моделях машинного обучения. Мы выделили основные направления исследований, связанных с повышением эффективности использования ресурсов в DNN:

- 1. Quantized Neural Networks. Веса DNN зачастую представляют собой 32-битных значения с плавающей запятой, и таким образом вовремя предсказания это приводит к выполнению миллионов операций с плавающей запятой. Подходы квантования уменьшают количество битов, используемых для хранения весов и функций активаций соответственно.
- 2. Network Pruning. Начиная с некоторой фиксированной архитектуры DNN, алгоритмы network pruning дают возможность удалить некоторые элементы из архитектуры нейронной сети во время обучения или после обучения в качестве постобработки. Удаляемые части варьируются от локальной шкалы индивидуальных весов, до более глобальной шкалы нейронов, каналов или даже целых слоев [3].
- 3. Binarized Neural Networks. Целью бинаризации является представление весов с плавающей запятой и/или функций активаций с использованием квантования их значений до 1-битного представления [4]. Бинарные нейронные сети, в значительной степени экономящие память и вычисления, являются одним из многообещающих вариантов развертывания глубоких моделей на устройствах с ограниченными ресурсами. Квантование весов и функций активации до 1 бита также делает возможным построение классических свёрточных и полносвязанных слоёв DNN с использованием математического аппарата, основанного на битовых или логических операциях, что позволяет достичь значительного прироста в скорости выполнения операций и существенно сокращает объём занимаемой памяти. Примером одной из наиболее обсуждаемых архитектур такого типа является архитектура XNOR-Net [5].

Таким образом, можно выделить, что все вышеуказанные направления фокусируются на методах оптимизации, в которых применяются различные алгоритмы, направленные, непосредственно, на работу с весами и/или функциями активации. В рамках доклада мы предлагаем метод по работе с бинарными входными данными, квантованными по значениям 0 и 1. Данный метод позволяет извлекать НОG бинарные признаки изображения на базе логических функций. Полученные признаки могут быть использованы для дальнейшего обучения моделей глубоких нейронных сетей. Такой подход к извлечению признаков изображения позволяет нам отказаться от использования свёрточных слоёв и даёт возможность адаптировать вычисления для встраиваемых систем с перестраиваемой вычислительной структурой.

В дальнейшем эксперименте, реализация всех функций, построение архитектуры модели нейронной сети, процесс обучения и проведение тестов было выполнено с использованием Tensorflow v2.4.1, end-to-end платформы с открытым исходным кодом для машинного обучения. Для проведения эксперимента мы реализовали следующую архитектуру DNN. Извлечение и кодирование двоичных признаков НОС было

выполнено с использованием TF Lambda Layers. Lambda слои позволяют реализовать произвольные функции TensorFlow таким образом, что они могут использоваться при построении последовательных и функциональных API моделей. На рис. 1 показана построенная архитектура нейронной сети.

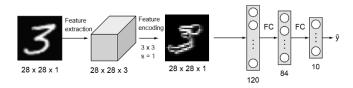


Рис. І – Архитектура нейронной сети

В данной модели мы не использовали Dropout или регуляризацию весов.

Нашей основной целью было проверить применимость нашего метода извлечения признаков двоичного изображения в задачах классификации изображений с использованием стандартных методов обучения для глубоких нейронных сетей. Чтобы проверить силу нашего метода, мы применили его к задаче классификации MNIST. Для этого было решено сравнить нашу модель с одной из первых и наиболее известных моделей свёрточной нейронной сети - LeNet-5 [6], первоначально созданной для работы с небольшими полутоновыми изображениями размером 32х32. Набор данных MNIST был загружен из коллекции наборов данных Tensorflow и разделен на три части: обучающий набор, оценочный набор и тестовый набор.

Предложенный метод для бинарных данных по извлечению бинарных признаков изображения показал аналогичные результаты по сравнению с классической архитектурой LeNet-5, описанный выше метод позволяет гораздо эффективнее выполнять параллельные вычисления и передавать их в реконфигурируемую архитектуру системы. Стоит отметить, что использование этого подхода исключает использование свёрточных слоев. Модель показала точность 95,13% на наборе оценок и 2% ошибок прогноза на наборе тестов без использования увеличения данных, регуляризации веса или других алгоритмов для повышения точности и оптимизации. Также такой подход не отменяет возможности дальнейшего применения существующих методов оптимизации и квантования для полносвязных слоев. Таким образом, в данной статье показана практическая применимость нашего подхода в задачах классификации с использованием классического метода обучения нейронных сетей.

- [1] A. Shrestha and A. Mahmood," Review of Deep Learning Algorithms and Architectures," in IEEE Access, vol. 7, pp. 53040-53065, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2912200.
- [2] Bacchus P., Stewart R., Komendantskaya E. (2020) Accuracy, Training Time and Hardware Efficiency Trade-Offs for Quantized Neural Networks on FPGAs. In: Rinc'on F., Barba J., So H., Diniz P., Caba J. (eds) Applied Reconfigurable Computing. Architectures, Tools, and Applications. ARC 2020. Lecture Notes in Computer Science, vol 12083. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-44534-8-10.
- [3] Cheng, Y., Wang, D., Zhou, P., Zhang, T," A Survey of Model Compression and Acceleration for Deep Neural Networks," 2017 arXiv:1710.09282v9.
- [4] Hubara, Itay et al." Quantized Neural Networks: Training Neural Networks with Low Precision Weights and Activations," 2017, arXiv:1609.07061.
- [5] Rastegari M., Ordonez V., Redmon J., Farhadi A." XNOR-Net: ImageNet Classification Using Binary Convolutional Neural Networks," In: Leibe B., Matas J., Sebe N., Welling M. (eds) Computer Vision ECCV 2016. ECCV 2016. Lecture Notes in Computer Science, vol 9908, pp. 525-542. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46493-0 32.
- [6] Y. Lecun, L. Bottou, Y. Bengio and P. Haffner," Gradient-based learning applied to document recognition," in Proceedings of the IEEE, vol. 86, no. 11, pp. 2278-2324, Nov. 1998, doi: 10.1109/5.726791. 8. LeCun, Y., Cortes, C. and Burgess, C.J.C., 2012. The MNIST Database of handwritten images.

Принципы повышения качества управления производствами, предприятиями и организациями на основе их цифровых двойников.

¹Сырямкин Владимир Иванович

¹Денисова Наталья Владимировна, ¹Моторина Мария Николаевна, ¹Чищева Татьяна Андреевна, ²Маргиев Павел Эдуардович

 1 Национальный исследовательский Томский государственный университет, 2 Томский лесотехнический колледж

svi tsu@mail.ru

В докладе рассматриваются актуальные проблемы цифровизации объектов на основе цифровых двойников.

Цифровизация экономики любого государства является основой повышения конкурентоспособности страны. Но это возможно, в основном, внедрения «Цифровых двойников» (ЦД) в такие сферы деятельности государства, как образование и подготовка кадров, наука, промышленность, сельское хозяйство, медицина, бизнес, охрана, обеспечение безопасности государства и др. [1-10].

«Цифровые двойники» с максимальной точностью представляет в цифровом формате (в виртуальном виде) конфигурацию, состояние объекта, продукта, процесса, актива и.т.д. на протяжение его полного жизненного цикла: проектирование, производство, внедрение или обработка, тестирование, реализация и эксплуатация. В любой момент времени идентификатор цифрового двойника коррелирует с физическим оригиналом [11].

Известны хорошие примеры применения «Цифровых двойников» для эффективного управления государством, предприятием и разработки высокотехнологичных приборов и машин [2,10], например (ЦД), для разработки и производства автомобиля президентского AURUS, космических аппаратов и ракетной техники России.

Для синтеза, производства и продажи конкурентно способной продукции предлагается следующая схема: рынок → маркетинг → наука →инновации → конкурентоспособная продукция → производство → рынок → прибыль [3]. На всех этапах этой схемы используется такие цифровые технологии, как цифровой маркетинг (интернет вещей), цифровое моделирование продукции и производства, системы автоматизированного проектирования продукции и производства (САПРПП), системы автоматизированного управления предприятием (АСУП), контроль и аттестация продукции и производства, управление продажами, промышленный интернет, системы охраны и безопасности предприятия и подготовка современных кадров. Обобщающая Блок-схема ЦД производства (предприятия) представлена на рис.1.

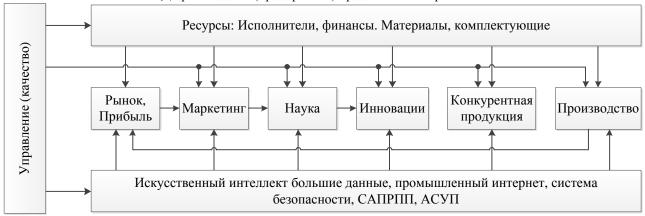


Рис. 1 – Блок-схема ЦД производства (предприятия).

На основании анализа научно-технической, экономической литературы и собственного опыта сформулируем принципы необходимые условия создания и развития на основе ЦД производств, предприятий и организаций.

- 1. Подготовка кадров (бакалавров, магистров, аспирантов, докторантов) по направлению «Управление качеством», способных синтезировать эффективное ЦД применительно к объекту управления и успешно его использовать; система и структура подготовки кадров должна быть современна, реализовывать принцип «Опережающая подготовка специалистов», содержать (конкурентные) образовательные программы и научные проекты, а также необходимую инфраструктуру [1].
- 2. Синтез, управление и развитие ЦД основывается на автоматизированных системах проектирования и управления производством (предприятием, организацией), искусственном интеллекте, больших данных, промышленном интернете, цифровом маркетинге и современному информационному обеспечению.

- 3. Применение требуемого нормативного-правового обеспечения, оформление лицензий и объектов интеллектуальной собственности (патенты, на изобретения, полезные модели, промышленные образцы, авторские свидетельства на программное обеспечение).
- 4. Создание интеллектуальной системы охраны и обеспечения безопасности предприятия (организации) В докладе подробно изложены материалы, представленные в тезисах.

- [1] Сырямкин В.И. Повышение качества управления производственно-технологическими процессами на основе их цифровых двойников как современное научно-производственное образовательное направление подготовки кадров. (В материалах конференции «Инноватика -2021» в печати).
- [2] В.И. Сырямкин, С.А. Клестов, Аначак Пхонгтрайчак, М.В. Сырямкин синтез «цифрового двойника» государства Лаос. (В материалах конференции «Инноватика -2021» в печати).
- [3] В.И. Сырямкин, А.А. Колтунов, С.А. Клестов, О.В. Стронин, А.Н. Берцун, М.В. Сырямкин, Д.А. Долгая Разработка «Цифрового двойника» коронавируса COVID-19 (В материалах конференции «Инноватика -2021» в печати).
- [4] Зинов В.Г., Козик В.В., Сырямкин В.И., Цыганов С.А. Технологический менеджмент: Учеб. Пособие/ Под ред. В.И. Сырямкина. 3-е изд., перераб. и доп. Томск: Изд-во Том. Ун-та, 2010. 576 с. 2 грифа УМО.
- [5] Koinov S.A., Rumyantseva T.B., Syryamkin M.V., Syryamkin V.I., Tsyganov S.A. Technology Management. Part [6] Strategic Development of Innovative Enterprises: textbook / edited by V.I. Syryamkin. Tomsk: STT, 2016. 166 p
- [7] Rumyantseva T.B., Solinthone Ph., Syryamkin V.I., Vaganova E.V., Zinov V.G. Technology Management. Part 2. Strategic Management of Intellectual Property: textbook / edited by V.I. Syryamkin. Tomsk: STT, 2016. 228 p.
- [8] Rumyantseva T.B., Syryamkin M.V., Syryamkin V.I., Vaganova E.V. Technology Management. Part 3. Technology Project Management: textbook / edited by V.I. Syryamkin. Tomsk: STT, 2016. 154 p.
- [9] Сырямкин В.И., Филонов Н.Г., Кузнецов Д.Н. Средства и методы управления качеством: учеб. пособие. Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2018. 388 с. (Управление качеством).
- [10] Изоткина Н.Ю., Осипов Ю.М., Сырямкин В.И. Инновационные технологии управления в мехатронике и робототехнике: учеб.пособие/под общ.ред. Ю.М. Осипова.-Томск: Издательский Дом ТГУ,2015.-220с.Гриф УМО.
- [11] Сырямкин В.И., Сырямкин М.В., Филонов Н.Г. Производственный менеджмент: учеб. пособие под редакцией В.И.Сырямкина, Н.Г. Филонова. серия "Управление качеством"- Томск: Издательство STT, 2020. 254с.
- [12] Цифровые двойники (индустрия 4.0) SAS business forum 2018. Copyright 2018. SAS Institute Inc. All rights reserved.

Проектирование интеллектуальных систем для моделирования и прогноза развития коронавируса COVID-19

¹Сырямкин Владимир Иванович

²Титов Виталий Семёнович, ¹Клестов Семён Александрович, ¹Працюк Денис Юрьевич, ³Сырямкина Мирослава Максимовна

¹ Национальный исследовательский Томский государственный университет,
² Юго-Западный государственный университет

³ Школа «Перспектива» Томска

svi_tsu@mail.ru

Проектирование алгоритмического, программного и аппаратного обеспечения интеллектуальной системы (АПАОИС) для моделирования и прогноза развития инфекционного заболевания коронавируса COVID – 19 является актуальной мировой проблемой. Решению этой проблемы посвящен ряд исследований в России и за рубежом [1-3].

Рассмотрим следующие основные задачи при синтезе АПАОИС для моделирования и прогноза развития коронавируса COVID-19.

- 1. Обобщить и проанализировать на основании научно-технической и патентной литературы характеристики элементов структуры коронавируса COVID-19; Сформулировать описание его поведение, мутации (по людям, животным, территориям) и возможного его дальнейшего развития.
- 2. Синтезировать аналитическую модель коронавируса COVID-19, используя структурнопараметрическую оптимизацию, методов «Цифрового двойника» на основе искусственного интеллекта построенного на нейро-нечетких глубоких сетей и информационно-биологического подхода [4-12].
- 3. Разработать программное обеспечения для моделирования коронавируса COVID-19, используя результаты, полученные по методике, изложенной в п.2. (см. выше); здесь могут быть использованы программное обеспечение ТГУ, а также другие эффективные программные средства.
- 4. Провести моделирование в статике и динамике коронавируса COVID-19, по результатам, которых выработать требования к вакцине и лекарству для лечения этого инфекционного заболевания, а также определить требования для структуры и датчиков информации интеллектуальных систем, которые дистанционно и автоматически могут определять тип биологической информации в пространстве.
- 5. Определить требования к АПАОИС для функционирования в реальных условиях, например, в закрытом помещении (метро, стадионы, магазины, театр), на транспорте (автобус, такси) и открытом пространстве. Выполнить необходимые научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы на биологических материалах и объектах.

Следует отметить, что по решению вышеуказанной проблемы хорошие научные результаты получены в $T\Gamma Y [4-14]/$

В докладе подробно рассмотрены вопросы синтеза и анализа АПАОИС.

- [1] Boccaletti S., Ditto W., Mindlin G., Atangana A. Modeling and forecasting of epidemic spreading: the case of covid-19 and beyond. CHAOS, SOLITONS & FRACTALS Том: 135 Год: 2020 Страницы: 109794 DOI: 10.1016/j.chaos.2020.109794
- [2] Chintalapudi N., Battineni G., Sagaro G.G., Amenta F. COVID-19 outbreak reproduction number estimations and forecasting in marche, Italy. INTERNATIONAL JOURNAL OF INFECTIOUS DISEASES. Том: 96 Год: 2020 Страницы: 327-333 DOI: 10.1016/j.ijid.2020.05.029
- [3] Almeshal A.M., Alenizi M.R., Almazrouee A.I., Alhajeri S.N. forecasting the spread of covid-19 in kuwait using compartmental and logistic regression models. APPLIED SCIENCES. Том: 10 Номер: 10 Год: 2020 Страницы: 3402 DOI: 10.3390/APP10103402
- [4] Gorbachev S.V., Emelyanov S.G., Zhdanov D.S., Miroshnichenko S.Yu., Syryamkin V.I., Titov D.V., Shashev D.V. Digital Processingof Aerospace Images /ed.: Syryamkin V.I. London: Red Square Scientific, 2018. 244 p.
- [5] Abramova T.V., Gorbachev S.V., Gribovsky M.V., Syryamkin V.I., Syryamkin M.V. Cognitive Systems for Monitoring and Forecasting the Scientific and Technological Development of the State /ed.: Syryamkin V.I. London: Red Square Scientific, 2018. 240 p.
- [6] Сырямкин В.И., Иваненко Б.П., Клестов С.А. Нейросетевой прогноз природных ресурсов LAP Lambert Academic Publishing, 2019.
- [7] Сырямкин В.И., Шумилов В.Н. Синтез искусственного носителя интеллекта: Информационно-биологический подход. Москва, Берлин: Директ-Медиа, 2021, 228с.
- [8] Абрамова Т.В., Ваганова Е.В., Горбачев С.В., Грибовский М.В., Сырямкин В.И., Сырямкин М.В., Якубовская Т.В. Когнитивные системы мониторинга и прогноза научно-технологического развития государства. Томск: Издательский Дом ТГУ. 2012. 358с.
- [9] Горбачев С.В., Сырямкин В.И. и др. Нейро-нечеткие методы в интеллектуальных системах обработки и анализа многомерной информации. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2014. 442с.

- [10] Комплекс распределенного управления интеллектуальными роботами для борьбы с малогабаритными беспилотными летательными аппаратами. Патент № 2717047 РФ. Публ. 18.03.2020, бюл.№8.
- [11] Горбачев С.В. Универсальный гибридный анализатор многомерных данных на основе нейро-нечетких методов глубокого обучения. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Представлена к защите в диссертационный совет НПМКМ ТГУ. Защита диссертации в 2021 году.
- [12] Абрамова Т.В. Модель, метод и алгоритм нейросетевой оценки привлекательности инновационного проекта. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Представлена к защите в диссертационный совет ЮзГУ. (Юго-западный Государственный университет, Курск). Защита диссертации в 2021г.
- [13] В.И. Сырямкин, А.А. Колтунов, С.А. Клестов, О.В. Стронин, А.Н. Берцун, М.В. Сырямкин, Д.А. Долгая Разработка «Цифрового двойника» коронавируса COVID-19 (В материалах конференции «Инноватика -2021» в печати).
- [14] Сырямкин В.И., Горбачев С.В., Клестов С.А. и др. Гибридный нейро-нечеткий вычислитель цифрового двойника объекта. Заявка на изобретение 2021120158 от 09.07.2021.

Цифровой двойник процесса «Подача заявки на приобретение ТМЦ» на предприятии пищевой промышленности

Сапрунов Иван Константинович

Национальный исследовательский Томский государственный университет <u>holocau3t@gmail.com</u>

Цифровой двойник (ЦД) — это цифровое представление физического объекта, процесса или услуги. Цифровой двойник может быть цифровой копией объекта в физическом мире, например реактивного двигателя или ветряных электростанций, или даже более крупных объектов, таких как здания или даже целые города. С точки зрения управления качеством ЦД можно рассматривать как инструмент бережливого производства, оптимизирующий процессы. В частности, в рассматриваемой ситуации, создание цифрового двойника для процесса «Подача заявки на приобретение товарно-материальных ценностей» на пищевом производстве — это, подразумевающее автоматизацию, средство сокращения рутинных операций в работе менеджеров по снабжению, таких как: ручное заполнение документации, бумажный документооборот, отслеживание статуса заявки и оповещение внутреннего заказчика о прибытии ТМЦ. Внедрение ЦД высвободит время для работы над стратегическими задачами, проработка которых, в перспективе, поможет компании преумножить прибыль.

Актуальность обусловлена практической применимостью предполагаемых результатов работы. Разработка ЦД ведется для компании ООО «СибирьЭко».

Суть проблемы заключается в отсутствии четко выстроенного алгоритма работы с заявками и ведением их менеджерами по снабжению основываясь на своем опыте. То есть, в случае смены менеджера работу отлаживать придется с самого начала. Также отсутствие четкого алгоритма влечет за собой долгосрочность выполнения достаточно простого процесса. Помимо этого, бумажный документооборот сопряжен с потерей информации, то есть самих документов.

Цель создания: унификация, отладка и автоматизация процесса «Подачи заявки на приобретение ТМЦ».

Платформа, при помощи которой разрабатывается цифровой двойник — Битрикс24. Битрикс24 — российский сервис для управления бизнесом. Функционал данной платформы достаточно широк для реализации поставленной цели. Разработать цифрового двойника позволяют такие инструменты, как «CRM» и «Бизнес-процессы». В данной работе будет использоваться инструмент «Бизнес-процессы: построение бизнес-процесса со статусами»

План работ:

- 1. Определение шагов процесса;
- 2. Графическое построение процесса;
- 3. Отражение движения информации и документации на графической схеме;
- 4. Определение зон ответственности;
- 5. Выстраивание процесса в Битрикс24;
- 6. Тестирование выстроенного процесса в Битрикс24;
- 7. Отладка;
- 8. Внедрение.

На данном этапе пункты 1,2,3,4 и 5 выполнены. Алгоритм процесса выстроен следующим образом:

- 1. Оформление заявки на ТМЦ, ответственный сотрудник профильного подразделения;
- 2. Согласование заявки с руководителем профильного подразделения (РПП), ответственный –(РПП);
- 3. Согласование заявки с руководителем отдела снабжения, ответственный РОС;
- 4. Отработка заявки, ответственный менеджер по снабжению.

Вид процесса в Битрикс24 представлен на рисунке 1.

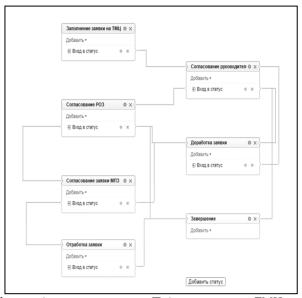


Рис.1 – Цифровой двойник процесса «Подача заявки на ТМЦ» в Битрикс 24

Таким образом, создание цифрового двойника процесса подачи заявки на ТМЦ для компании ООО «СибирьЭко» выполнено на 62,5%. Результаты работы в перспективе должны положить начало массовой цифровизации и автоматизации всех бизнес-процессов компании.

Применение системы интеллектуального анализа данных для выявления аномалий в значениях теплофизических параметров блоков радиоэлектронной аппаратуры Селоустьев Александр Владимирович

Сунцов Сергей Борисович, Климкин Олег Александрович, Хвалько Александр Александрович.
Акционерное общество «Информационные спутниковые системы» имени академика
М.Ф. Решетнёва»
seloustev@iss-reshetnev.ru

Одной из ключевых проблем создания космических аппаратов с длительным сроком активного существования является проблема обеспечения надежности радиоэлектронной аппаратуры (РЭА). Обеспечение надежности требует тщательного контроля параметров РЭА, в том числе температурных режимов электрорадиоизделий (ЭРИ).

В АО «ИСС» для контроля тепловых режимов ЭРИ блоков РЭА применяется термометрический метод с использованием тепловизора, который позволяет измерять температуры большого количества ЭРИ. Общий алгоритм для осуществления контроля следующий. На начальном этапе инженеры рассчитывают теплофизические параметры ЭРИ, устанавливают границы допустимых значений. В процессе контроля характеристики проверяются на соответствие заданным значениям. Отклонение регистрируемых характеристик от заданных свидетельствует о наличии аномалий, связанных с возможной неисправностью.

Недостаток данного метода заключается в том, что увеличение количества контролируемых параметров приводит к резкому увеличению трудозатрат на подготовку к проведению контроля и последующий анализ полученных результатов. В связи с этим были поставлены задачи повышения эффективности анализа результатов испытаний бортовой РЭА и снижения трудозатрат при растущем объеме контроля параметров.

В результате проведения опытно-конструкторской работы была разработана система интеллектуального анализа данных для оценки теплофизических параметров бортовой РЭА, реализованная в виде программного комплекса. Данная система позволила автоматизировать процессы анализа результатов испытаний. Для работы системы инженеру требуется создать модель поверхности блока бортовой РЭА и задать инструменты для контроля теплофизических параметров. Модель содержит координаты расположения ЭРИ на блоке, а также характеристики ЭРИ, необходимые для проведения анализа теплофизических параметров. Для определения местоположения ЭРИ на термограмме используется привязка модели поверхности блока к термограмме с помощью опорных точек. Опорные точки позволяют получить соответствие координат модели и термограммы. После однократной привязки модели к термограмме вручную для последующих термограмм аналогичных блоков РЭА система создает привязку автоматически на основе алгоритма распознавания лиц. Данный алгоритм позволяет с высокой вероятностью осуществлять точное сопоставление изображений блоков на термограммах с моделями без необходимости ручной корректировки.

Система интеллектуального анализа данных позволяет автоматически проверять теплофизические параметры ЭРИ на соответствие заданным в модели, сигнализирует в случае, если какие-либо параметры не в норме. Поступающие в систему данные сохраняются и накапливаются в базе данных. Система предоставляет возможность сравнения результатов с полученными ранее для аналогичных испытаний.

Помимо автоматизации проверок теплофизических параметров, задаваемых инженером вручную, система интеллектуального анализа данных предоставляет два набора инструментов, использующих методы интеллектуального анализа.

Методы первого набора позволяют использовать алгоритмы выявления тепловых аномалий, основанные не на жестких рамках для значения каждого измеряемого параметра, а определяющие отклонение характеристик от некоторого нормального значения автоматически на основе данных предыдущих испытаний аналогичных блоков РЭА. Реализованный набор интеллектуальных инструментов анализа, обеспечивает анализ измеренных характеристик объектов с использованием результатов прошлых испытаний. Данные инструменты анализа обеспечивают выявление аномальных объектов по отношению к значениям, полученным в прежних испытаниях блоков РЭА аналогичного типа. Для работы этих инструментов анализа от инженера не требуется задавать допустимые рамки для измеренных характеристик объектов. Анализ проводится автоматически на основе накопленных ранее значений с учетом дисперсии выборки и величины доверительной вероятности.

Для работы инструментов анализа используется алгоритм выявления выбросов, основанный на критерии Граббса. Используется двусторонний тест, который основан на подсчете вероятности того, что тестируемое значение является выбросом. Работа алгоритма основана на предположении нормальности распределения

характеристик по исследуемой выборке. Для работы инструмента от инженера требуется только задать доверительную вероятность выявления выбросов. Величина доверительной вероятности обозначает вероятность того, что выявленные элементы выборки являются действительно выбросами, а не вызваны неисправностью.

Второй набор содержит интеллектуальные инструменты анализа для выявления аномальных объектов, которые имеют отклонение в значениях измеренных параметров в сравнении с остальными объектами группы. Например, имеется ряд однотипных ЭРИ и известно, что они имеют один и тот же способ монтажа на печатную плату и одинаковые тепловыделения. Тогда теплофизические параметры этих ЭРИ, такие как температура, мощность тепловыделения, тепловое сопротивление контакта с печатной платой и другие, должны быть близки друг к другу. Для работы инструментов анализа от инженера не требуется задавать допустимые рамки для измеренных характеристик объектов. Алгоритм по определению выбросов обеспечивает автоматическое выявление любого количества аномальных объектов среди заданной группы объектов с учетом дисперсии выборки и величины доверительной вероятности.

Для работы инструмента анализа используется алгоритм по автоматическому выявлению выбросов на основе блочного теста Роснера (Generalized ESD test). Работа алгоритма основана на предположении нормальности распределения характеристик по группе. Для работы инструмента от инженера требуется только задать доверительную вероятность выявления выбросов.

Внедрение системы интеллектуального анализа данных позволило повысить эффективность контроля теплофизических параметров бортовой РЭА за счет интеллектуальных методов анализа, способных автоматически выявлять аномалии в значениях теплофизических параметров без задания заранее рассчитанных инженером значений, при этом сократить время проведения контроля за счет автоматизации процесса анализа результатов измерений.

Режимы функционирования многотактных перестраиваемых вычислительных сред в задачах машинного обучения

Шатравин Владислав Шашев Дмитрий Вадимович

Национальный исследовательский Томский государственный университет Шидловский Станислав Викторович, д-р техн. наук shatravin@stud.tsu.ru

На сегодняшний день алгоритмы машинного обучения активно применяются для решения широкого класса сложных задач: классификация объектов, распознавание образов, обработка естественного языка, предсказательный анализ и многие другие. Особенно впечатляющих результатов удаётся достичь при использовании глубоких нейронных сетей (deep neural network, DNN). Глубокие нейронные сети могут содержать миллиарды параметров, что приводит к большому числу расчётов для получения конечного результата, то есть к высокой вычислительной сложности алгоритма. Это ограничивает применение глубоких сетей в маломощных, автономных и мобильных системах, для которых характерны жесткие требования к массе и энергоэффективности своих подсистем. К таким системам можно отнести БПЛА, мобильные роботы, смартфоны и носимые мультимедиа устройства, умные датчики интернета вещей и многие другие. Для некоторых систем также свойственно решение нескольких различных задач, то есть использование нескольких моделей нейронных сетей с отличающимися архитектурой и параметрами.

Одним из возможных решений указанных проблем применения глубоких нейронных сетей может быть использование динамически перестраиваемых аппаратных ускорителей, реализованных на основе концепции перестраиваемых вычислительных сред [1, 2]. Перестраиваемая вычислительная среда (ПВС) - модель широкого класса вычислительных систем, реализованных в виде геометрически правильной решетки, узлами которой являются единообразные вычислительные элементы (ВЭ) [3]. Каждый вычислительный элемент соединён с соседними через симметричные связи и может быть независимо сконфигурирован на реализацию одной операции из некоторого заранее определённого базиса операций. Коллективное функционирование группы элементов, сконфигурированных соответствующим образом, позволяет реализовать на среде сложные алгоритмы. Динамическая реконфигурация элементов среды позволяет изменять исполняемые алгоритмы в процессе функционирования системы. Независимое функционирование ВЭ значительно увеличивает производительность при решении задач, допускающих распараллеливание, к которым относится и расчёт значений в скрытых слоях сети. Другим преимуществом реконфигурируемости является потенциальная возможность восстанавливать работоспособность среды через перераспределение вычислений по неповреждённым участкам. В данной работе рассматривается одномерная среда с квадратными ВЭ (рис. 1). В [2] нами предложена модель ускорителя на основе среды с атомарными ВЭ. Нейрон в такой среде представлен цепочкой малых вычислительных элементов, что позволяет реализовать на среде нейронную сеть произвольной конфигурации (рис. 2).

Puc. I - Двумерная перестраиваемая вычислительная среда с квадратными элементами

Реализация сложных моделей нейронных сетей требует применения сред очень большого размера, что зачастую трудновыполнимо. В связи с этим, мы предлагаем применение многотактных вычислительных сред. В их основе лежит идея реализации на среде лишь некоторого подмножества всех слоёв сети в каждый момент времени. По мере распространения сигнала, среда динамически перестраивается на реализацию последующих слоёв. Для повышения устойчивости, переключение конфигурации происходит согласно тактовому сигналу. Таким образом, возможно реализовать нейронную сеть произвольной глубины на вычислительной среде ограниченной площади. В зависимости от реализуемой модели и заданных ограничений, многотактная вычислительная среда может функционировать в двух режимах – конвейерном и односегментном.

Конвейерный режим подразумевает разбиение среды на несколько сегментов произвольного размера. В каждый момент времени сегмент реализует один из слоёв нейронной сети. Таким образом, среда в целом

реализует сразу несколько слоёв сети. По мере перемещения сигнала между сегментами, пройденные сегменты перестраиваются для реализации последующих слоёв сети (рис. 3). Ключевым преимуществом режима является возможность конвейерной обработки сигнала, когда среда обрабатывает входные сигналы нескольких тактов одновременно на разных сегментах. Выделение специального такта реконфигурации для каждого сегмента позволяет устранить задержку перенастройки. Таким образом, в среде из четырёх сегментов в каждый момент времени обрабатываются сигналы с трёх тактов, а четвёртый сегмент реконфигурируется на следующий слой. Также преимуществом является замыкание сигнала внутри среды, без необходимости вывода промежуточных результатов. Главный недостаток – сегментация среды уменьшает максимально допустимый размер слоя.

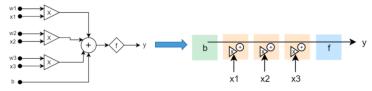


Рис.2 – Реализация простого нейрона из элементов рассматриваемой ПВС

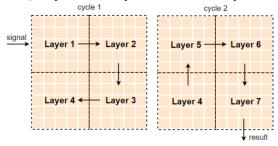


Рис.3 – Конвейерный режим функционирования среды

Для устранения этого недостатка предлагается односегментный режим функционирования, при котором среда не разбивается на сегменты, что позволяет использовать для реализации слоя всю её площадь (рис. 4). Другим его преимуществом является упрощенная конфигурация ВЭ – устраняется необходимость в установке направления распространения сигнала. К недостаткам можно отнести отсутствие конвейеризации (меньшую производительность среды) и потребность в дополнительном блоке управления, отвечающем за хранение промежуточных результатов и маршрутизацию входного и выходного сигналов. Нами предлагается использование смешанного режима, при котором среда большую часть времени функционирует в конвейерном режиме, а в односегментный переходит только при необходимости.

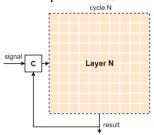


Рис.4 – Односегментный режим среды

Аппаратные ускорители на основе предложенных моделей ПВС позволят решить прикладные проблемы применения алгоритмов машинного обучения в задачах машинного обучения маломощных, автономных и мобильных систем. Эксперименты [2] демонстрируют высокую производительность разработанных ЭВ. Комбинирование рассмотренных режимов функционирования перестраиваемых сред позволит добиться высокого быстродействия (благодаря конвейерной обработке сигнала) с сохранением предельно допустимого размера слоя реализуемой модели сети.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-37-90034. Список публикаций:

- [1] Shatravin V., Shashev D.V. Designing high performance, power-efficient, reconfigurable compute structures for specialized applications // Journal of Physics. 2020. V. 1611. N01. DOI:10.1088/1742-6596/1611/1/012071.
- [2] Shatravin V., Shashev D.V., Shidlovskiy S.V. Developing of models of dynamically reconfigurable neural network accelerators based on homogeneous computing environments // Distributed computer and communication networks: control, computation, communications (DCCN-2021): proceedings of the XXIV international scientific conference (sept. 20–24, 2021, Moscow, Russia). M.: ISC RAS, 2021. pp. 102–107.
- [3] Шидловский С. В. Автоматическое управление. Реконфигурируемые системы: Учебное пособие. Томск: Издательство Томского университета, 2010. 168 с.

Робототехника в дошкольных учреждениях

Сибирцева Виктория Олеговна

Видищева Светлана Александровна

Национальный исследовательский Томский государственный университет Шашев Дмитрий Вадимович, к.т.н. vik si 0@mail.ru; lana.vidishheva@mail.ru

В своей лекции на просветительском марафоне «Новое знание» М.В. Мишустин говорил о том, что в современном мире выигрывает тот, у кого больше знаний, шире кругозор, тот, кто не будет бояться современных технологий, а научится использовать их для достижения результата. Базовые знания, которые помогают развиваться и социализироваться в современном мире дети получают в дошкольном возрасте, поэтому важно развивать и поддерживать интерес к наукам и творчеству с детского сада.

Большинство российский детских садов активно внедряют в образовательный процесс занятия с использованием робототехники и смогли доказать ее высокую эффективность в образовательновоспитательном процессе. Ребенку интересно создавать своими руками настоящего робота и наблюдать за результатами своих трудов. Для детей 4-6 лет робототехника идеальное сочетание развлечения с развитием, удовольствие с пользой.

В группах детского сада занятия рассчитаны на 30 минут с учетом того, что на каждый конструктор может приходится 2-3 ребенка. В процессе занятия развиваются мелкая моторика, алгоритмическое мышление, математические способности, дети знакомятся с основами механики и информатики. Занятия робототехникой интересны как мальчикам, так и девочкам. Перед детьми ставится задача на основе проблемного метода обучения и им необходимо самостоятельно найти решение. В процессе занятий происходит овладение навыком поиска решений в сложной ситуации, что приводит к тому, что от сборки по инструкции они способны перейти к самостоятельному проектированию робота. Перед педагогом стоит другая задача - познакомить детей с основами программирования, развить конструкторские навыки, логику, целеустремленность и уверенность в себе. Помимо того, чтобы дети занимались робототехникой, необходимо привлекать родителей для совместного проведения досуга, что положительно скажется на отношениях между взрослыми и их детьми. Для этого необходимо проводить совместные занятия, мастер-классы и соревнования. Образовательная инженерия очень полезна, это может показать родителям, что, играя дети могут изучать науку и развиваться в творческом направлении.

Образовательная робототехника – инструмент для апробации многих технологий, таких как: технологии нейроуправления, технологии искусственного интеллекта, технологии компьютерного зрения. Все эти технологии направлены на то, чтобы можно было испытать их на робототехнических модулях, в этом случае робототехника выступает как инструментарий.

В процессе изучения робототехники дети приобретают навыки в таких сферах, как конструирование, проектирование, программирование.

В качестве инструментов для обучения используются робототехнические наборы. Они отлично подходят для дошкольного обучения. Сама тенденция к созданию робототехнических занятий диктует ведущим производителям, таким как Lego со своей знаменитой линейкой Lego Education создавать целые комплекты, рассчитанные на обучение целой группы, а также включающие в себя материалы для педагога.

Существуют наборы двух уровней – непрограммируемого и программируемого. Программируемые наборы предоставляют возможность дистанционного управления. То, что у человека называется органами чувств, в электронике называется сенсорами или датчиками. Глаза заменяют камеры, а уши - микрофоны. Осязание – датчики давления (тензодатчики) и термометры. Обоняние – чувствительные газоанализаторы. Вестибулярный аппарат – гироскопы и акселерометры.

Основная цель обучения робототехнике - сформировать личность, способную самостоятельно ставить учебные цели, проектировать пути их реализации, контролировать и оценивать свои достижения, работать с разными источниками информации, оценивать их и на это основе формулировать собственное мнение, суждение, оценку, заложить основы информационной компетентности личности, помочь обучающемуся, овладеть методами сбора и накопления информации, а также технологией ее осмысления, обработки и практического применения.

Совершенствование бизнес-процессов в учебном учреждении ДПО «Институт региональной безопасности»

Погуда Андрей Алексеевич Погуда Алексей Андреевич

Национальный исследовательский Томский государственный университет E-mail an5364@mail.ru

Проведённый анализ состояния современного образования в учебных учреждениях ДПО по вопросам гражданской обороны и защиты от чрезвычайной ситуации, явно указывает на своевременность перехода в управлении от устаревшего структурного к более перспективному процессному подходу обучения. Процессный подход в совершенствование бизнес-процессов и оптимизации системы подготовки слушателей позволяет делегировать полномочия ответственным исполнителям, а также взять на себя ответственность за своевременное принятие адекватных решений и претворение их в жизнь в целях обеспечения защиты населения, материальных и культурных ценностей от опасностей мирного и военного времени, сокращать количество уровней согласования при принятии решений, а также выработка готовности и способности использовать полученные знания в интересах защиты населения, материальных и культурных ценностей и территорий от опасностей мирного и военного времени.

В Указе Президента РФ от 20 декабря 2016 г. № 696 «Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области гражданской обороны на период до 2030 года» [1], определены цель, задачи и приоритетные направления государственной политики России в области гражданской обороны (ГО) на период до 2030 г., а также механизмы ее реализации. Одной из основных задач государственной политики в области гражданской обороны является повышение качества подготовки должностных лиц федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций к выполнению мероприятий по гражданской обороне [1].

Обозначены основные факторы, влияющие на состояние ГО. В их числе растущая угроза проявлений экстремизма, сохранение вероятности возникновения эпидемий, в том числе вызванных новыми, неизвестными ранее возбудителями инфекционных заболеваний человека и животных, угроза возникновения очагов вооруженных конфликтов и их эскалации [1].

Цель работы состоит в повышении эффективности системы подготовки слушателей и развитие их компетенций в системе ДПО в области ГО и защиты от ЧС.

В настоящее время вопросы развития компетенции слушателей системы дополнительного образования в области гражданской обороны, чрезвычайных ситуаций и пожарной безопасности обсуждается недостаточно. В результате анализа предметной области [1,2,3,4,5], была обозначена проблема современного образования взрослых обучающихся, обучение должно быть направлено в первую очередь на развитие личности человека, содействие становлению его самостоятельности, компетентности, профессионализма.

Особый вклад в развитие вопросов оптимизации процессов обучения внес учёный Ю.К Бабанский. В своей научной работе «Оптимизация учебного процесса» [4] он пишет оптимизация в общем виде означает выбор наилучшего, самого благоприятного варианта из множества возможных условий, средств, действий и т.п. Если оптимизацию перенести на процесс подготовки взрослого населения в области гражданской обороны и защиты от ЧС, то она будет означать выбор такой его методики, которая обеспечивает достижение наилучших результатов при минимальных расходах времени сил преподавателя и слушателей в данных условиях [4].

Оптимизация достигается не одним каким-то хорошим, удачным методом. Речь идет о сознательном, обоснованном выборе преподавателем одного из многих возможных вариантов. Чтобы оценить оптимальность (или не оптимальность) методики учебного процесса, надо определить ее критерии. Ю.К. Бабанский и М.М. Поташник выделили 4 критерия [4,5].

- 1. Максимально возможные результаты в формировании знаний, умений и навыков.
- 2. Минимально необходимые затраты времени слушателей и преподавателя на достижение определенных результатов.
- 3. Минимально необходимые затраты усилий на достижение определенных результатов за отведенное время.
- 4. Минимальные, по сравнению с типичными, затраты средств на достижение определенных результатов за отведенное время.

Говоря обобщенно, учебный процесс будет оптимальным, если его результат высокий и достигается в короткий срок с минимальными усилиями слушателей и преподавателя.

Большую роль в образовании взрослых играет диагностика. Взрослые, обучающие значительно отличаются друг от друга опытом применения знаний, уровней сформированности соответствующих компетенций. Для того чтобы образовательный процесс был действительно личностно ориентированным и способствовал развитию профессиональных компетенций слушателей, на начальном этапе необходимо проведение входного контроля:

- 1. Входной контроль предусматривает подготовку учебного процесса согласно реальному уровню подготовленности слушателей дополнительного образования, выявления их компетенции, интересов установления наличия или потребности в повышении знаний.
- 2. Входной контроль даёт возможность с максимальной эффективностью уточнить содержание учебного курса, пересмотреть выбранные методы обучения, определить характер и объем индивидуальной работы слушателей дополнительного образования, аргументировано обосновать актуальность обучения и тем вызвать желание учиться.
- 3. Входной контроль может проводиться с использованием различных методов анкетирования, опрос, беседа, круглый стол и др.

Традиционные формы обучения, в которых всё ещё главное место отводится докладам, прямой передаче знаний, утратили значение из-за низкой эффективности и недостаточной обратной связи. Всё шире используется непосредственное вовлечение педагогов в активную учебно-познавательную деятельность с применением приемов и методов, получивших обобщенное название активные методы обучения"

Для решения поставленной задачи обучения необходимо оптимизировать бизнес-процесс обучающихся путем применения цифровых двойников и использования методов автоматизации учета компетенций посредством применения разработанных тестов.

В заключении хочется отметить, что оптимизация бизнес-процесса в учебном учреждении ДПО «Институт региональной безопасности», позволит обеспечить активное усвоение знаний, развитие компетенций путем увлечения их в активно учебно-познавательную деятельность и исключить приведенные в статье недостатки.

Официально-документальные издания:

- [1] Указ Президента РФ от 20 декабря 2016 г. № 696 «Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области гражданской обороны на период до 2030 года»
- [2] Федеральный закон РФ «Об образовании в Российской Федерации» N 273 / cm. 76
- [3] Примерная дополнительная профессиональная программа повышения квалификации руководителей и работников гражданской обороны, органов управления единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и отдельных категорий лиц, осуществляющих подготовку по программам обучения в области гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций МЧС России от 30 октября 2020 года №2-4-71-11-10

- [4] Бабанский Ю.К. // Оптимизация учебно-воспитательного процесса [Текст] / Ю. К. Бабанский. М., 1982.
- [5] Поташник М.М // Российская академия образования. Управление качество образования. Педагогическое общество России 2000. С.448

Применение рентгеновского микротомографа для диагностики радиоэлектронной аппаратуры

Сунцов Сергей Борисович

АО «Информационные спутниковые системы» Имени академика м. Ф. Решетнёва»

sbsun@iss-reshetnev.ru

Современной науке доступны методы анализа внутренней микроструктуры объекта различными способами. Одним из лучших методов неразрушающей визуализации является метод рентгеновской микротомографии. Которая дает возможность получать изображение внутренней структуры непрозрачных объектов в трехмерном виде с высоким пространственным разрешением [1-6]. Существует необходимость изучения внутренней структуры объектов, непрозрачных в видимом диапазоне электромагнитного излучения, особенно биологических, с микронным разрешением. Развитие методов рентгеновской микроскопии позволило заглянуть внутрь непрозрачных объектов с разрешением, превышающим возможности оптической микроскопии. Сегодня рентгеновская микротомография имеет широкий спектр областей применения. Использованные алгоритмы позволяют достигать высокой степени детализации и высокой точности восстановления и анализа 3D-модели. Это даёт возможность применять метод рентгеновской томографии для осуществления неразрушающего контроля качества материалов и изделий в производственно-технологических целях в следующих отраслях промышленности:

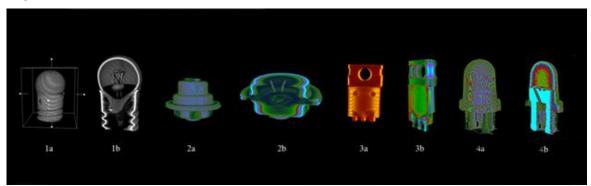
- в металлургии для оценки качества состава и структуры выпускаемых продуктов;
- в машиностроении и приборостроении для контроля качества используемых деталей и их сборки;
- в электронной промышленности для анализа сборки полупроводниковых приборов, а также припайки контактов электронных компонентов к печатным платам.

Рентгеновская микротомография также может применяться в научно-исследовательских целях для изучения внутренней структуры органических и неорганических объектов в следующих областях:

- в биологии и медицине для оптимизации рентгенологических методов исследования и диагностики;
- в физике при проведении различных экспериментальных исследований, реализованных посредством применения, для визуализации внутренней структуры объектов и физических процессов, происходящих в исследуемых образцах;
- в химии для визуализации внутренней структуры опытных образцов, позволяющей наблюдать за механизмом появления дефектов, при создании и исследовании материалов.

Пример исследования элементов материалов могут служить реконструированные на микротомографе: тиристор, транзистор, светодиод. Пример исследования элементов РЭА могут служить реконструированные на микротомографе материал: тиристор, транзистор, светодиод.

Сканирование объектов исследования позволяет получить полные сведения о внутренней пространственной микроструктуре образца с микронным и субмикронным пространственным разрешением, сохраняя структуру образца. На рисунке 1 представлены сечения элементов РЭА, на которых видна структура объекта [7-10].



Puc.1 — реконструкция образцов: 1a- 3D модель лампочки, 1b- разрез лампочки, 2a-3D модель тиристора,2b-разрез теристора,3a-3D модель транзистора,3b-разрез транзистора,4a-3D модель светодиода, 4b-разрез светодиода.

- [1] Bureev a.sh., Klestov s.a., Kutsov m.s., Osipov a.v., Osipov yu.m., Syryamkin v.i., Suntsov s.b. digital x-ray tomography edited by v.i. syryamkin, Изд-во Red Square Scientific, Ltd. (Лондон) 2015, с. 146.
- [2] Бондарчук А.С., Боровик В.С., Гуцул В.И., Евтушенко В.Г., Клестов С.А., Кузнецов Д.Н., Марченко В.В., Марченко М.В., Пешкичев Р.Ю., Попков А.И., Пыхтырев В.С., Сахапов Д.А., Судакова Е.С., Сырямкин В.И.1, Сырямкин М.В., Шатравин В.В., Шумилов В.Н. Интеллектуальные робототехнические и мехатронные системы Изд-во "СТТ" (Томск), 2017, c.256.
- [3] V. I. Syryamkin, S. B. Suntsov, S. A. Klestov, and E. S. Echina Design of smart 3D-digital X-ray microtomographic scanners for non-destructive testing of materials and components of electronic devices with a multilayered structure, Citation: AIP Conference Proceedings 1683, 020227 (2015); doi: 10.1063/1.4932917
- [4] Сырямкин В.И. и другие. Современные методы исследования материалов и нанотехнологий. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2013. 410 с.
- [5] Патент на изобретение RU 2505800. Способ рентгеновской томографии и устройство для его осуществления. Сырямкин В. И. и др. 27.01.2014 Бюл. №3
- [6] Бубенчиков М.А., Газиева Е.Э., Гафуров А.О., Глушков Г.С., Жданов Д.С., Саньков Д.В., Сырямкин В.И., Шидловский С.В., Юрченко А.В. Современные методы исследования материалов и нанотехнологий. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2010.366 с.
- [7] Digital Xray Tomography 2nd edition: nep. с русский /Syryamkin V.I., Klestov S.A., Suntsov S.B.; trans.: Tatiana B. Rumyantseva; ed.: Syryamkin V.I. London: Red Square Scientific, 2020. 200 p.
- [8] Клестов С.А., Сунцов С.Б. ИССЛЕДОВАНИЕ РЭА С ПОМОЩЬЮ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО РЕНТГЕНОВСКОГО 3D МИКРОТОМОГРАФА ДЛЯ АВИА- И АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В сборнике: Интеллектуальные системы 4-й промышленной революции. Сборник материалов III Международного форума. Под редакцией В.И. Сырямкина. 2020. С. 21-23.
- [9] Klestov S.A., Syryamkin V.I., Suntsov S.B. DIGITAL 3D X-RAY MICROTOMOGRAPHIC SCANNERS FOR ELECTRONIC EQUIPMENT TESTING В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. International Conference "Actual Trends in Radiophysics". 2020. C. 012045.
- [10] Сырямкин В.И., Клестов С.А., Сунцов С.Б СПОСОБ РЕНТГЕНОВСКОЙ ТОМОГРАФИИ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ . Патент на изобретение 2745304 С1, 23.03.2021. Заявка № 2020133674 от 14.10.2020.

Разработка интеллектуальной системы обработки слабоструктурированных данных с алгоритмом структуризации по отраслям

Тапе Жан Макс Хабиб

Погуда Алексей Андреевич

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Jeanmax.habib@mail.com

Большие данные остаются одной из наиболее обсуждаемых тем на рынке ИТ-технологий в последние годы. Согласно ежегодным прогнозам аналитической компании Gartner, большие данные наряду с развитием мобильных систем и облачных вычислений являлись одним из основным трендов развития информационных технологий. Каждую секунду во всем мире публикуется 29 000 гигабайт (Гб) информации, что составляет 2,5 экзабайта в день или 912,5 экзабайта в год. Объем "больших данных", который растет с головокружительной скоростью и порождает новые типы статистики. Помимо этого, А.А. Крюкова отмечает, что инновационные технологии, включая Big Data способствуют прогрессу всей инновационной отрасли РФ, ведь именно этот инструмент подтверждает наличие экономической эффективности для отечественных предприятий [1].

На сегодняшний момент существует множество методов кластеризации документов. Например, Custom Search Folders, Latent Semantic Analysis/Indexing (LSA/LSI); Suffix Tree Clustering (STC); Single Link, Complete Link, Group Average; Scatter/Gather, K-means, Concept Indexing (CI); Self-Organizing Maps (SOM) и пр. Однако, несмотря на достаточно серьёзные успехи в этой области, остаются нерешёнными ряд насущных задач кластеризации, таких как выбор первоначального расположения ядер кластеров, масштабирование и управление размерностью данных; повышение производительности. Авторами предлагается гибридный алгоритм (MABCKM), основанный на модифицированных алгоритмах ABC и K-Means. Решения, создаваемые модифицированными ABC, рассматриваются как начальные решения для алгоритма K-Means. Производительность предлагаемого алгоритма оценивается в терминах разных параметров на шести стандартных наборах данных из алгоритма UCI Machine Learning Repository и сравнивается с алгоритмами ABC и K Means.

Результаты показывают, что модифицированный алгоритм дает лучшие кластерные разделы и, естественно, приводит к выводу, что МАВСКМ является жизнеспособным методом кластеризации данных. Предлагаемый метод нуждается в улучшении для выполнения автоматической кластеризации без какого-либо предварительного знания количества кластеров [2]. Такие процессы можно назвать нелинейными интеллектуальными, динамичными и контекстуальными по своей природе. Характерные особенности таких процессов перечислены ниже [3]:

- кастомизация под конкретного потребителя. Интеллектуальная услуга не может быть типовой (она уникальна): оказанная одному клиенту, она не может в неизменном виде быть оказана другому клиенту, поскольку потребует нового сбора, анализа и презентации информации;
- объединение процесса потребления с процессом производства за счет постоянного взаимодействия с потребителем и быстрой реакции на его требования;
- большое количество подпроцессов и задач, взаимозависимость между задачами. Каждая задача процесса зависит от других задач, что приводит к большому количеству обратных связей, доступности информации по предыдущим и последующим шагам процесса;
- использование явных и неявных знаний, экспертов. Поведение исполнителей процесса зависит от их знаний, которые представляют собой постоянно меняющееся сочетание опыта, ценностей, поступающей информации;
 - использование предыдущего опыта реализации процессов, обеспечение доступа к базе знаний;
- зависимость от контекста. Для выполнения процесса используются знания о предметной области, которая включает задачи, документы, экспертов, показатели и др.
- совместная работа участников процесса и принятие решений, требующих разработки и выбора комплексных быстрых решений среди возможных альтернатив для достижения определенных целей. Возрастает степень ответственности работников, повышаются требования к их квалификации и компетенции;

К слабоструктурированной информации относятся данные, определенные общими правилами и форматами.

Перечислим наиболее используемые задачи в области анализа неструктурированных и слабоструктурированных данных:

- классификация;
- кластеризация;
- построение семантических сетей;
- извлечение фактов, понятий (feature extraction);

- извлечение мнений;
- аннотирование, суммаризация (summarization);
- ответ на запрос (question answering);
- тематическое индексирование (thematic indexing);
- поиск по ключевым словам (keyword searching);
- создание таксономий и тезаурусов.

Для того чтобы найти полезные знания в слабоструктурированной или неструктурированной информации наиболее часто используется процесс под названием Knowledge Discovery in Databases (KDD).

Данный процесс состоит из вопросов касающихся подготовки данных, извлечения информативных признаков, очистки данных, применения методов Data Mining (DM), постобработки данных и интерпретации полученных результатов. В роли основы всего этого процесса выступают методы DM, при помощи которых и происходит процесс обнаружения знаний. Примерами данных знаний могут являться правила, наиболее часто встречающиеся шаблоны (наборы ассоциативных правил), а также итоги классификации (нейронные сети) и кластеризации данных и т.д. [5].

Рассмотренная выше методика не привязана к конкретной предметной области и по сути является набором простых атомарных операций, составляя комбинации из которых, появляется возможность получить требуемое решение. Общий алгоритм методики извлечения знаний представлен на рисунке 1.



Рис. 1 – Методика извлечения знаний

Реализация идеи слабоструктурированной обработки и хранения данных имеются в бессхемных БД, относящихся к типу NoSQL систем. Их особенностью, является горизонтальное масштабирование хранилища данных и поддержка поиска по произвольным полям, а в некоторых БД имеется возможность составления произвольных запросов выборки данных. Наиболее простым способом реализации слабоструктурированного хранения данных является динамическое хранилище ключей и значений, например в БД Redis и Riak. Другим подходом к обеспечению возможности динамического изменения структуры БД является столбцовая реализация хранения данных.

- [1] Щербинина М.Ю. Ключевые аспекты Маркетинга инноваций М.Ю. Щербинина, А.А. Крюкова // Карельский научный журнал. -2016-T. 5-N24 (17). -C. 217–219.
- [2] 5.Kumar, A., Kumar, D., Jarial, S.K. A novel hybrid K-means and artificial bee colony algorithm approach for data clustering. // Decision Science Letters. 2018, Vol. 7, Issue 1, P. 65-76
- [3] Dulesov A.S., Khrustalev V.I. (2012) Opredelenie entropii kak mery informatsii pri sopostavlenii prognoznykh i fakticheskikh pokazateley predpriyatiya [Definition of entropy as a measure of information by comparing predicted and actual performance of an enterprise]. Modern Problems of Science and Education, no. 1 Available at: http://www.science-education.ru/ru/article/view id=5290 (accessed 01 March 2016) (in Russian).
- [4] Журавлев Ю.И., Рязанов В.В., Сенько О.В. Распознавание. Математические методы. Программная система.
- [5] Хачумов М.В. Задача кластеризации текстовых документов. Информационные технологии и вычислительные системы, № 2, 2010, c.42-49.
- [6]Peter Buneman, Semistructured data, Proceedings of the sixteenth ACM SIGACT-SIGMOD-SIGART symposium on Principles of database systems, p.117-121, May 11-15, 1997, Tucson, Arizona, United States

Модель движения систем обработки и анализа спектрозональных изображений Титов Дмитрий Витальевич

Юго-Западный государственный университет titov.swsu@gmail.com

В настоящее время системы цифровой обработки изображений испытывают проблему постоянного роста объема обрабатываемой информации, а также повышения требований к качеству обработки в сложных условиях. В связи с этим неизбежно растут требования по надежности, точности и быстродействию данных систем [1-2].

Обеспечить требуемые характеристики возможно двумя способами: конструкторским или алгоритмическим. Конструкторский способ предполагает создание новой технологической базы, существенных финансовых и временных затрат. Алгоритмический способ позволяет достичь требуемого результата за короткое время с минимальными финансовыми затратами [3].

Современные системы обработки и анализа спектрозональных изображений могут не только функционировать в стационарном режиме, но также перемещаться в пространстве с целью улучшения качества распознавания требуемого объекта [4].

В состав подобных передвижных систем входит подвижная платформа, математическую модель которой можно описать следующим образом.

В ситуации, когда поверхность является твердой и отсутствует проскальзывание во время движения системы по данной поверхности, движение можно описать следующими формулами:

В случае отсутствия проскальзывания при движении по пересеченной местности движение СОАСЗИ описывается следующими формулами [5-6]:

$$v = \frac{1}{2} \left(v_{\text{neb.}} + v_{\text{npab.}} \right), \tag{1}$$

$$\omega = \frac{1}{2b} \left(v_{\text{\tiny IPB.}} - v_{\text{\tiny IIPAB.}} \right), \tag{2}$$

где v — скорость движения машины вдоль траектории; ω — угловая скорость машины (ω > 0 означает движение по часовой стрелке, то есть поворот направо, а ω < θ — движение против часовой стрелки, то есть поворот налево); v_{nea} и v_{npas} — скорости движения левого и правого колес платформы соответственно; b — ширина колеи.

Отсюда скорости колес платформы системы можно найти по следующим формулам:

$$v_{\text{\tiny JICB.}} = v + b\omega,$$

$$v_{\text{mpag}} = v - b\omega$$
.

Помимо скорости движения системы обработки и анализа спектрозональных изображений при выполнении поворота характеризуется радиусом поворота:

$$r = \frac{v_{\text{neb.}} + v_{\text{npab.}}}{v_{\text{neb.}} - v_{\text{npab.}}},\tag{3}$$

где r — радиус поворота.

В случае прямолинейного движения радиус не учитывается, так как $v_{\mbox{\tiny лев.}} - v_{\mbox{\tiny прав.}} = 0.$

С использованием радиуса поворота скорости колес платформы системы обработки и анализа спектрозональных изображений определяются как:

$$v_{\text{\tiny IGB.}} = v \left(1 + \frac{b}{r} \right), \tag{4}$$

$$v_{\text{прав.}} = v \left(1 - \frac{b}{r} \right). \tag{5}$$

Еще одной важной характеристикой движения системы обработки и анализа спектрозональных изображени является центростремительное ускорение:

$$a_{\mathbf{n}} = \frac{1}{4h} (v_{\text{IIeB.}}^2 - v_{\text{прав.}}^2),$$
 (6)

где a_n – центростремительное ускорение.

В зависимости от поставленной задачи возможно потребуется знать положение системы обработки и анализа спектрозональных изображении в географической системе координат для быстрого реагирования в случае возникшей необходимости [7]. Для этого следует хранить положение системы в прямоугольной системе координат относительно начальной точки, которая изначально задана в географической системе координат.

Недостатком такого решения является тот факт, что происходит искажение определения местоположения, связанное с тем, что в зоне перемещения системы земная поверхность считается плоской [8].

Таким образом, положение СОАСЗИ в географической системе координат можно определить следующим образом:

$$\phi = \phi_{\text{\tiny HAM}} + \frac{y}{\Delta y(\phi_{\text{\tiny HAM}})},\tag{7}$$

$$\lambda = \lambda_{\text{Hau.}} + \frac{x}{\Delta x (\phi_{\text{uau}})},\tag{8}$$

где φ и λ — положение системы в географической системе координат; $\varphi_{\text{нач}}$ и $\lambda_{\text{нач}}$ — положение некоторой начальной точки, находящейся в зоне действия системы; x и y — положение системы относительно начальной точки; Δy и Δx — длины дуг широты и долготы размером в один градус, выраженные в метрах.

- [1] Титов, Д.В. Система автоматического контроля движения промышленных изделий с использованием радиочастотных идентификационных меток / Д.В. Титов, А.А. Орлов, А.В. Астафьев // Известия Вузов Приборостроение. 2021. Т. 64. №3. С. 176-182.
- [2] Титов, Д.В. Многоканальная обработка спектрозональных изображений / Д.В. Титов // Распознавание -2021: материалы XVI МНТК. Курск; ЮЗГУ, 2021. С 251-253.
- [3] Титов, Д.В. Методы обработки пространственных структур на спутниковых изображениях / Д.В. Титов // Известия Вузов Приборостроение. 2021. Т. 64. №1. С. 21-31.
- [4] Титов, Д.В. Анализ методов и средств обработки спектрозональных изображений / Д.В. Титов // Электронные средства и системы управления: материалы XV МНПК. Томск: ТУСУР, 2019. С. 192-194.
- [5] Gonzalez, R., Autonomous Tracked Robots in Planar Off-Road Conditions / R. Gonzalez, F. Rodriguez, J. Guzmán // Modeling, Localization, and Motion Control Springer, 2014.
- [6] Адамов, Б.И. Идентификация параметров математической модели мобильной роботизированной платформы всенаправленного движения KUKA youBot / Б.И. Адамов, А.И. Корбин // Мехатроника, автоматизация, управление. -2018.-T. 19 (N23). -C. 251-257.
- [7] Андрианов, Д.Е. Геоинформационные системы: исследование, анализ и разработка / Д.Е. Андрианов // М.: Государственный научный центр Российской Федерации, ВНИИ геосистем, 2004. 184 с.
- [8] Мартыненко, А.И. Информатика и электронная Земля: фундаментальные научные проблемы / А.И. Мартыненко // Системы и средства информатики. М.: ИПИ РАН. 2001. Вып. 11. С. 94-112.

Социогуманитарные технологии организации когнитивного самоменежмента студента в условиях открытого образовательного пространства вуза

Сырямкина Екатерина Гавриловна

Асютина Оксана Николаевна

Национальный исследовательский Томский государственный университет syryamkinaeg@mail.ru

Современная система высшего образования претерпевает ряд изменений, связанных с вхождением в постиндустриальное общество, что диктует поиск новых подходов к формированию стратегий обучения, изменению содержания образования, устранению его однолинейности. Все это требует не только разработки и внедрения новых образовательных технологий, но и формирования открытого образовательного пространства внутри вуза.

Ряд университетов страны получили правительственный статус национальных исследовательских, что открыло для них новые возможности для создания и внедрения собственных ресурсов в учебный процесс, работы по самостоятельно устанавливаемым образовательным стандартам, позволило конструировать новые социогуманитарные технологии.

Для повышения конкурентоспособности вуз предлагает студентам пробовать себя в различных вне академических сферах, таких как студенческие организации, клубы и иные формы студенческого самоуправления; помимо этого у студентов есть все условия для развития как профессиональных, так и надпрофессиональных компетенций, повышая уровень своей научно-исследовательской деятельности через участие в конференциях, форумах, круглых столах, занятиях на кампусных курсах, открытых мастерклассах и пр. Вместе с тем, противоречие заключается в том, что вузы предоставляют студентам целый перечень возможностей для профессионального и личностного становления, но недостаточный уровень когнитивного самоменеджмента не позволяет студентам в полной мере пользоваться имеющимися ресурсами.

Из этого вытекает проблема поиска принципиально новых социогуманитарных технологий, позволяющих студентам повысить уровень когнитивного самоменеджмента в пространстве вуза. Поэтому темой нашего исследования стала разработка и апробация модели сопровождения, направленная на развитие когнитивного самоменеджмента студентов в открытом образовательном пространстве вуза.

Для обеспечения развития и формирования самоменеджмента студентов в процессе обучения задачей тьюторов и кураторов из числа преподавателей становится обучение студентов самоанализу учебной деятельности, развитию самомотивации, которая проявляется в виде различных притязаний, постановки целей (как краткосрочных, так и долгосрочных) и удовлетворении личных потребностей.

Не менее важным аспектом самоменеджмента является развитие самоконтроля. От самоконтроля студента зависит его совершенствование в учебной деятельности, поведении, мыслях, чувствах, планировании и целеполагании. Достичь высокого уровня самоменеджмента в целом и отдельных его компонентов студенту помогают ресурсы современного открытого образовательного пространства вуза.

При определении понятия «открытое образовательное пространство вуза» исследователи исходят из его ключевых характеристик, к которым чаще всего относят гуманистическую направленность, фундаментальность и при этом возрастающую информатизацию образования, его открытость, непрерывность, доступность и демократизацию.

Особенно остро встает необходимость развития информационно-образовательного пространства вуза для организации дистанционного обучения, что является в настоящее время крайне актуальным, так как все большее число студентов предпочитают получать основное образование в помощью онлайн технологий.

Помимо этого, в свете общих тенденций, направленных на непрерывное образование длиною в жизнь, получение дополнительного образования и прохождение разного рода курсов повышения квалификаций, становится более востребованным как раз в дистанционном формате, так как этот способ значительно расширяет возможности получения качественной, актуальной и востребованной информации.

В докладе представлены социогуманитарные технологии формирования модели когнитивного самоменеджмента студента с первого по четвертый курсы.

От баз данных к озёрам и фабрикам данных: цифровая трансформация управления данными

Миньков Сергей Леонидович

Национальный исследовательский Томский государственный университет smin52@mail.ru

По прогнозу аналитической фирмы IDC ожидается, что к 2025 году объем оцифрованных данных составит 175 зеттабайт [1], причем около 60% всех данных в мире будут генерировать коммерческие предприятия. По большей части (до 95 %) этот объем состоит из неструктурированных данных и лишь 5 % составляет тем или иным образом структурированная информация. Так что проблема качественной систематизации и эффективной организации работы с данными встает очень остро. Увеличивается потребность специалистов по большим данным, в организациях и на предприятиях появляются специализированные службы, возглавляемые CDO (Chief Data Officer – Директор по данным) и CDTO (Chief Digital Transformation Officer – Директор по цифровой трансформации), постоянно совершенствуются методы и способы хранения данных,

Первые иерархические базы данных как организованный набор структурированной информации или данных, хранящихся в электронном виде в компьютерной системе, появились в начале 60-х годов — сначала на основе древовидной модели, затем появились базы данных с сетевой структурой. В начале 1970-х годов в компании IBM была предложена концепция реляционных баз данных, которая до сих пор остаются востребованными [2].

Первой коммерчески успешной версией системы управления **реляционными базами данны**х (СУБД) стала Oracle 2 (Ларри Эллисон, 1979 г.). Её главным конкурентным преимуществом была высокая скорость обработки огромных (для того времени) массивов информации.

В настоящее время абсолютными лидерами рынка СУБД являются компании Oracle, IBM и Microsoft, с общей совокупной долей рынка около 90%, поставляя такие системы как Oracle Database, IBM DB2 и Microsoft SQL Server [2-3]..

Но с наступлением эры «Big Data» оказалось, что реляционные БД не приспособлены для работы с большими данными, так как ограничены по масштабированию и имеют слабые возможности для анализа неструктурированных данных. Это стало причиной роста популярности нереляционных баз данных, которые позволяют добиться большей гибкости, лучшей масштабируемости и высокой отказоустойчивости. Такие базы данных получили название NoSQL.

NoSQL отличаются от традиционных реляционных баз данных тем, что здесь нет таблиц, строк, первичных или внешних ключей [4]. Вместо этого в нереляционной базе данных используется модель хранения, оптимизированная для конкретных требований типа хранимых данных. Такие базы часто используются, когда необходимо организовать большие объемы сложных и разнообразных данных.

Нереляционные базы данных часто работают быстрее, чем реляционные, потому что запрос не должен просматривать несколько таблиц, чтобы предоставить ответ. Поэтому нереляционные базы данных идеально подходят для хранения данных, которые могут часто изменяться, или для приложений, которые обрабатывают множество различных типов данных.

Некоторые из наиболее популярных баз данных NoSQL – это MongoDB, Apache Cassandra, Redis, Couchbase и Apache HBase.

Концепция «фабрики данных» (Data Fabric) впервые была представлена на конференции Insight в 2015 г. [5] и сначала была воспринята, скорее, как обычный маркетинговый ход, не вызвав заметного ажиотажа. Но на деле оказалось, что данная концепция — это эффективный инструмент для достижения текущих и будущих целей, стоящих перед современными предприятиями.

Под фабрикой данных понимается комбинация архитектуры и технологии, которая предназначена для упрощения управления множеством различных типов данных с использованием нескольких систем управления базами данных и развертывается на различных платформах [6]. Фабрика данных интегрирует управление данными в облаке и ускоряет цифровую трансформацию.

Аналитическое агентство Gartner поместило Data Fabric на вершину Hype Cycle for Emerging Technologies-2021. Согласно Gartner, Data Fabric – это единая и согласованная архитектура управления данными, которая обеспечивает беспрепятственный доступ к данным и их обработку.

Отличительная характеристика современных фабрик данных — это активное применение технологий больших данных и искусственного интеллекта, в частности, машинного обучения для построения и оптимизации алгоритмов управления и практического использования данных. Таким образом, под Data Fabric понимается именно технологическая экосистема для эффективного использования корпоративной информации, а не определенная площадка от конкретного производителя программного обеспечения.

В октябре 2010 года Джеймс Диксон, основатель и бывший технический директор программной платформы бизнес-аналитики Pentaho, ввёл термин «озеро данных» (Data Lake) со следующим определением: «Если вы думаете о витринах данных как о хранилище бутилированной воды — очищенной, упакованной и структурированной для удобства потребления, то озеро данных — это большой водоем в более естественном состоянии. Содержимое озера данных поступает из источника, чтобы заполнить озеро, и различные пользователи озера могут прийти, чтобы изучить, нырнуть или взять образцы».

Под **«витринами** данных» (или «киосками данных») понимается набор тематически связанных БД, содержащие информацию, относящуюся к отдельным аспектам деятельности организации. Витрина данных позволяет анализировать только определенный объем данных [7]. Диксон утверждал, что витрины данных связаны с несколькими проблемами, начиная от ограничений по размеру и заканчивая узкими исследовательскими параметрами [8].

Озеро данных (Data Lake) представляет собой хранилище данных, которое может содержать в себе большое количество структурированных, полуструктурированных и неструктурированных данных из разных источников [9].

Когда данные сохранены, с ними можно работать – извлекать по определенному шаблону в классические базы данных или анализировать и обрабатывать прямо внутри озера данных.

Розничный бизнес Атагоп насчитывает более 175 центров исполнения по всему миру с более чем 250 тыс. постоянных сотрудников, доставляющих миллионы товаров в день, поэтому перед международной командой Атагоп по финансовым операциям была поставлена невероятно сложная задача — отслеживать это большое количество данных. Решение этой задачи привело к появлению в 2019 году корпоративного хранилища, известного как «озеро данных Galaxy» [10], поддерживающего одну из крупнейших логистических сетей на планете.

Но озера данных могут превратиться в болота данных, если они не будут правильно стратегически спроектированы с учетом поставленных целей и необходимой очистки. Для этого нужно наладить в компании процесс управления данными под руководством СОО. Главная составляющая этого процесса — определение достоверности и качества данных еще до загрузки: в озеро должны попасть только актуальные данные, а значит, и сама база будет достоверной.

В мире, где технологии меняют нашу повседневную жизнь, цифровая трансформация стоит на первом месте в стратегической повестке дня большинства организаций. Для успешного преобразования данные становятся источником жизненной силы организации, обеспечивая новые точки соприкосновения с клиентами с помощью технологий, создавая инновационные возможности для бизнеса и оптимизируя операции [11].

Это требует целостного, безопасного, эффективного и ориентированного на будущее подхода к управлению данными, который также предоставляет свободу выбора. Качество цифровой трансформации предприятий, да и всех элементов информационного общества, во многом будет определяться качеством хранения и обработки больших данных, что повышает роль CDTO и CDO в системе управления хозяйствующими субъектами.

- 1. Reinsel D., Gantz J., Rydning J. The Digitization of the World from Edge to Core [Электронный ресурс]: URL: https://www.seagate.com/files/www-content/our-story/trends/files/idc-seagate-dataage-whitepaper.pdf.
 - $2. \ Ranking \ DB-Engines \ [\mathit{Электронный pecypc}]:-URL: \ https://db-engines.com/en/ranking \ .$
- 3. RDBMS (Relational Database Management System) [Электронный ресурс]: URL: https://ru.bmstu.wiki/RDBMS_(Relational Database Management System).
- 4. Relational VS Non-Relational Databases [Электронный ресурс]: URL: https://medium.com/@zhenwu93/relational-vs-non-relational-databases-8336870da8bc .
- 5. Итоги конференции Insight 2015 в Лас-Вегасе успех концепции Data Fabric [Электронный ресурс]: URL: https://www.netwell.ru/news/news/novosti/itogi-konferentsii-insight-2015-v-las-vegase-uspekh-kontseptsii-data-fabric.
- 6. Wendy Boucher. What is a Data fabric? [Электронный pecypc]. URL: https://www.atscale.com/blog/what-is-a-data-fabric/.
- 7. Что такое витрины данных? Определение, разновидности и примеры [Электронный ресурс]. URL: https://asu-analitika.ru/chto-takoe-vitrina-dannyh-opredelenie-raznovidnosti-i-primery.
- 8. James Dixon's Blog. Pentaho, Hadoop, and Data Lakes [Электронный ресурс]: URL: https://jamesdixon.wordpress.com/2010/10/14/pentaho-hadoop-and-data-lakes.
- 9. Что такое озера данных и почему в них дешевле хранить big data [Электронный ресурс]. URL: https://mcs.mail.ru/blog/chto-takoe-ozera-dannyh-i-zachem-tam-hranyat-big-data.
- 10. How Amazon is solving big-data challenges with data lakes [Электронный ресурс]. URL https://www.allthingsdistributed.com/2020/01/aws-datalake.html.
- 11. Миньков С.Л., Езенева С.И., Коломина Д.А. Цифровая трансформация баз данных // Научные исследования: проблемы и перспективы: сб. научных трудов по материалам XXV Международной научно-практической конференции (г.-к. Анапа, 22 января 2021 г.). [Электронный ресурс]. Анапа: Изд-во «НИЦ ЭСП» в ЮФО, 2021. С.59-70. ISBN 978-5-95283-503-0

SVL simulator: brief overview

Guoqing Wang Dmitry Shashev Tomsk State University a939316498@gmail.com

The positive effect of simulation testing on autonomous driving systems, industry policy regulations, and changes in market trends have made simulators a must-have for autonomous driving developers. The SVL simulator was born under this background. The simulator can be connected to Autoware and Apollo, and the simulator engine provides end-to-end full-stack simulation. Not only that, the simulator also provides a core simulation engine, developers can easily customize the sensor according to their needs, create a corresponding simulation simulation environment, which greatly facilitates the research work of developers [1].

SVL Simulator consists of simulation software, software tools, content and plug-in ecosystems that support customized use cases, and a cloud environment that supports large-scale simulation and scenario testing. By simulating the virtual environment, one or more self-vehicles or autonomous systems and their sensors, traffic and other dynamic objects, the simulation software provides a seamless and customizable interface for the user's system under test. This allows developers to debug, perform modular testing, and perform integration testing. At the same time, the SVL simulator engine provides end-to-end full-stack simulation, can be connected to Autoware and Apollo [2], and supports Python API. It is open source and free, and has low configuration requirements. It is developed based on the Unity modern game engine [3].

The lane following model is an autonomous driving stack based on ROS2 developed using SVL Simulator. In the high-level overview, the model consists of three modules: sensor module, perception module and control module. The sensor module receives raw sensor data, such as camera images, from the simulator, and preprocesses the data before inputting it to the perception module. Then, the perception module receives preprocessed data, extracts lane information, and predicts steering wheel instructions. Finally, the control module sends the predicted control commands back to the simulator, and the simulator will drive the car automatically [3].

Use the SVL visual scene editor as the first step to create the basic scheme of the test scene that will be executed by the SVL simulator. SVLVisual scene editor is a GUI application that can be used to create basic scenes for designated agents (pedestrians, vehicles, ego vehicles, etc.). Are located in a map, and the basic plan of the path they should take through the map, and specified in the form of path points. The basic scene is created from the SVLVisual scene editor and exported to the SVL simulator. Then, the scene generator operates this scene to generate a new test scene [4]. Not only that, the SVL simulator is based on the Unity [5] game engine, which can achieve a 3D simulation of the real world environment, and we can easily set the weather and road damage. We can even set some extreme weather and road conditions to make the scene closer to real life.

The SVL simulator has a set of default sensors to choose from, currently including camera, lidar, radar, GPS and IMU, as well as different virtual ground real sensors (*fig. 1*). Developers can also customize the sensor according to their own development needs. The web user interface of the simulator accepts the sensor configuration as text in JSON format, allowing the internal and external parameters of the sensor to be easily set. Each sensor entry describes the sensor type, location, release rate, topic name, and reference system of the measured value. Some sensors may also have additional fields to further define specifications; for example, the beam count of each lidar sensor is also configurable. For segmentation sensors, SVL semantic segmentation is combined with instance segmentation. Users can configure semantics to obtain instance segmentation-each instance of an object with these semantics will get a different segmentation color, while instances of other types of objects can only get one segmentation color for each semantic [6].

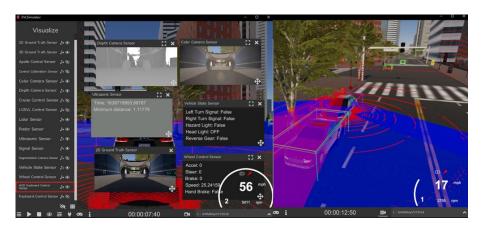


fig. 1 – SVL user interface

The test scenario consists of simulating an environment and situation in which an autonomous driving stack can be placed to verify correct and expected behavior. The SVL simulator provides a Python API that enables users to control and interact with the simulation environment. Users can write scripts to create scenes according to their needsgenerate and control NPC vehicles and pedestrians, and set environmental parameters. For deterministic physics, scripts allow repeatable testing in simulations. At the same time, developers can also link to software such as Apollo or Autoware for joint simulation simulation tests to make the test results more realistic and effective [6].

This report provides a brief overview of the functions of the SVL simulator. It also introduces its functions comprehensively for simple setting and testing. It is completely open source and free. And the operation difficulty is low, the simulation coefficient is high, which completely facilitates the scientific research work of the developers, and perfectly fits the current development environment and development needs

References:

[1] Ruomu [online]. Available: https://zhuanlan.zhihu.com/p/347730573

[2] Apollo [online]. Available: https://github.com/apolloauto/apollo

[3] SVL Tutorial [online]. Available: https://www.svlsimulator.com/docs/tutorials/modular-testing/

[4] Ebabi, Hamid et al. "Efficient and Effective Generation of Test Cases for Pedestrian Detection - Search-based Software Testing of Baidu Apollo in SVL." 2021 IEEE International Conference on Artificial Intelligence Testing (AITest) (2021): 103-110

[5] Unity Technologies, "Unity." [Online]. Available: https://unity.com/

[6] Rong, Guodong et al. "LGSVL Simulator: A High Fidelity Simulator for Autonomous Driving." 2020 IEEE 23rd International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC) (2020): 1-6.

Pre-trained models for natural language processing

Fuyongting Wang
Alexey Poguda
Tomsk State University
wangfuyongting@gmail.com

With the development of deep learning, various neural networks have been widely used to solve natural language processing (NLP) tasks, such as convolutional neural networks (CNNs) [1], recurrent neural networks (RNNs), graph-based neural networks (GNNs) [2] and attention mechanisms. One of the advantages of these neural models is their ability to alleviate the feature engineering problem. Non-neural NLP methods usually heavily rely on the discrete handcrafted features, while neural methods usually use low-dimensional and dense vectors to implicitly represent the syntactic or semantic features of the language. These representations are learned in specific NLP tasks. Therefore, neural methods make it easy for people to develop various NLP systems [3].

The advantages of pre-training can be summarized as follows:

- 1. Pre-training on the huge text corpus can learn universal language representations and help with the downstream tasks.
- 2. Pre-training provides a better model initialization, which usually leads to a better generalization performance and speeds up convergence on the target task.
 - 3. Pre-training can be regarded as a kind of regularization to avoid overfitting on small data [4].

The early efforts of pre-training are mainly involved in transfer learning. The study of transfer learning is heavily motivated by the fact that people can rely on previously learned knowledge to solve new problems and even achieve better results (*fig. 1*).

In transfer learning, source tasks and target tasks may have completely different data domains and task settings, yet the knowledge required to handle these tasks is consistent. Generally, two pre-training approaches are widely explored in transfer learning: feature transfer and parameter transfer [5]. To some extent, both representation transfer and parameter transfer lay the foundation of PTMs. As shown (*fig. 1*), transfer learning can be categorized under four sub-settings, inductive transfer learning, self-taught learning, and unsupervised transfer learning. Among these four settings, the inductive and transductive settings are the core of research, as these two settings aim to transfer knowledge from supervised source tasks to target tasks. Although supervised learning is always one of the core issues of machine learning research, the scale of unlabeled data is much larger than that of manually labeled data [6].

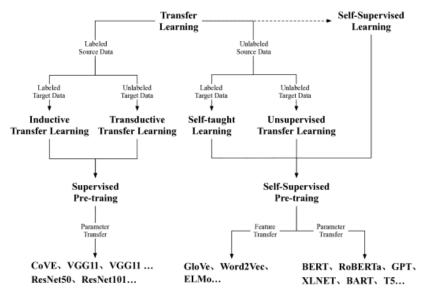


fig. 1 – The spectrum of pre-training methods

A major trend of PTMs is that the number of parameters is getting larger and larger. Increasing the size of a neural network typically improves accuracy, but it also increases the memory and computational requirements for training the model. In this section, we will introduce how to improve computational efficiency from the following three aspects: system-level optimization, efficient learning algorithms, and model compression strategies [7]. An effective

and practical way to reduce computational requirements is system-level optimization towards computational efficiency and memory usage. System-level optimization methods are often model-agnostic and do not change underlying learning algorithms. Besides some system-level optimization methods, various efforts have been devoted to exploring more efficient pre-training methods, so that we can pretrain large-scale PTMs with a lower cost solution.

Beyond the superior performance of PTMs on various NLP tasks, researchers also explore to interpret the behaviors of PTMs, including understanding how PTMs work and uncovering the patterns that PTMs capture. These works cover several important properties of PTMs: knowledge, robustness, and structural sparsity/modularity. Moreover, there are some pioneering works on building the theoretical analysis for PTMs [8].

We summarize some applications of PTMs in several classic NLP tasks. The general language understanding evaluation (GLUE) benchmark is a collection of nine natural language understanding tasks. GLUE benchmark is well-designed for evaluating the robustness as well as generalization of models. GLUE does not provide the labels for the test set but set up an evaluation server. Question answering (QA), or a narrower concept machine reading comprehension (MRC), is an important application in the NLP community. From easy to hard, there are three types of QA tasks: single-round extractive QA (SQuAD), multi-round generative QA (CoQA), and multi-hop QA (HotpotQA) [9]. BERT outperforms previous state-of-the-art models by simply fine-tuning on SST-2, which is a widely used dataset for sentiment analysis (SA). Ref. utilized BERT with transfer learning techniques and achieve new state-of-the-art in Japanese SA.

Though PTMs have proven their power for various NLP tasks, challenges still exist due to the complexity of language. Currently, PTMs have not yet reached its upper bound. Most of the current PTMs can be further improved by more training steps and larger corpora. The transformer has been proven to be an effective architecture for pre-training. However, the main limitation of the Transformer is its computation complexity, which is quadratic to the input length. Therefore, searching for more efficient model architecture for PTMs is important to capture longer-range contextual information [10]. Currently, fine-tuning is the dominant method to transfer PTMs' knowledge to downstream tasks, but one deficiency is its parameter inefficiency: every downstream task has its own finetuned parameters [11]. An improved solution is to fix the original parameters of PTMs and by adding small fine-tunable adaption modules for specific task [12]. Although PTMs reach impressive performance, their deep non-linear architecture makes the procedure of decision-making highly non-transparent.

References:

- [1] Kim Y. Convolutional neural networks for sentence classification. In: Proceedings of the Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing. Doha, 2014. 1746–1751.
- [2] Gehring J, Auli M, Grangier D, et al. Convolutional sequence to sequence learning. In: Proceedings of the International Conference on Machine Learning. Sydney, 2017. 1243–1252.
- [3] Devlin J, Chang M, Lee K, et al. BERT: pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. In: Proceedings of the Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies. Minneapolis, 2019. 4171–4186.
- [4] Conneau A, Lample G. Cross-lingual language model pretraining. In: Proceedings of the Advances in Neural Information Processing Systems. Vancouver, 2019. 7057–7067.
- [5] Wang W, Bi B, Yan M, et al. StructBERT: Incorporating language structures into pre-training for deep language understanding. In: Proceedings of the International Conference on Learning Representations. Addis Ababa, 2020.
- [6] Clark K, Luong M T, Le Q V, et al. ELECTRA: Pre-training text encoders as discriminators rather than generators. In: Proceedings of the International Conference on Learning Representations. Addis Ababa, 2020.
- [7] Xiong W, Du J, Wang W Y, et al. Pretrained encyclopedia: Weakly supervised knowledge-pretrained language model. In: Proceedings of the International Conference on Learning Representations. Addis Ababa, 2020.
- [8] Le H, Vial L, Frej J, et al. FlauBERT: Unsupervised language model pre-training for French. ArXiv: 1912.05372.
- [9] Li L H, Yatskar M, Yin D, et al. VisualBERT: A simple and performant baseline for vision and language. ArXiv: 1908.03557.
- [10] Tenney I, Das D, Pavlick E. BERT rediscovers the classical NLP pipeline. In: Proceedings of the Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics. Florence, 2019. 4593–4601.
- [11] Bouraoui Z, Camacho-Collados J, Schockaert S. Inducing relational knowledge from BERT. In: Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. New York, 2020. 7456–7463.
- [12] Hayashi H, Hu Z, Xiong C, et al. Latent relation language models. In: Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. New York, 2020. 7911–7918.

Survey of Attitude Estimation Algorithms for Quadcopter Drones

Moutayam Ameen Khaddour Sergey Poslavskiy Tomsk State University

moutayam@mail.ru

Advances in Micro-Electro-Mechanical Sensors "MEMS" opened the door for cheap inertial sensors to exist, those cheap inertial sensors are the basis of the "Attitude and Heading Reference Systems "AHRS" on commercial-grade drones, In this paper, multiple algorithms for attitude estimation have been discussed.

Attitude estimation is important for the drone since it allows finer control of the drone attitude especially in autonomous modes, if the AHRS output is not that accurate, the drone stability will suffer over time. Commercial grade AHRS contains cheap inaccurate inertial sensors, those sensors are gyroscopes, accelerometers, and on a lot of occasions magnetometers. The basic algorithm does integrate the gyroscope outputs given some rough estimation about the initial attitude, the integration algorithm will give us the delta angle between successive readings of the gyroscope angular velocities[1]. The integration step also integrates the inherited error in the gyroscope output which makes the aforementioned angle unusable after some time, this time depending on the amount of stochastic and static errors of the sensor. Usually, no accurate calibration is done for such a low-cost drone's AHRS, the calibration procedure usually is done by holding the drone by hand in different six positions.

Euler angles make a more intuitive representation of the attitude, by pointing out the current attitude using roll, pitch, and yaw, though easier to comprehend by the human operator, Euler angles have their problems, for example, the singularity occurs as the angles approach $\pm 90^{\circ}[2]$, that's why we use a better alternative named quaternion, in quaternion, there are no singularities, and they have a feature of being easier to compute. In this paper, we will discuss how to get a quaternion update in methods other than the basic one.

The AHRS contains three orthogonal gyroscopes gx gy gz, also three orthogonal accelerometers ax ay az, and usually, also we find a set of three orthogonal magnetometers mx my mz to bound the error accumulated by the gyroscope. In drones usually, the North East Down "NED" frame is used instead of the ground applications preferable frame East North Up "ENU"[3].

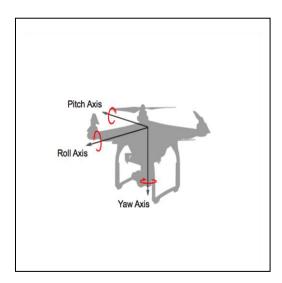


fig. 1 - NED Frame

Basic Algorithm

The basic algorithm uses the output of the gyroscopes, hence the angular velocities, and then integrate those reading to add the resulting delta angles to the initial attitude, namely roll, pitch, and yaw. This solution trend to drift after a short time rendering it useless for our task of attitude estimation.

Madgwick Algorithm

The approach employs a quaternion representation, which enables accelerometer and magnetometer data to be used in an analytically derived and optimized gradient descent algorithm to compute the direction of the gyroscope measurement error as a quaternion derivative [4].

Mahony Algorithm

This algorithm is formulated as a deterministic kinematic observer on the Special Orthogonal group SO(3) driven by an instantaneous attitude and angular velocity measurements[5].

Experimental Results and Discussion

We have implemented the different attitude estimation algorithms and tested them on real-world data collected in our lab from low-cost IMU with 3 gyroscopes, 3 accelerometers, and 3 magnetometers, with an output rate of 100Hz.

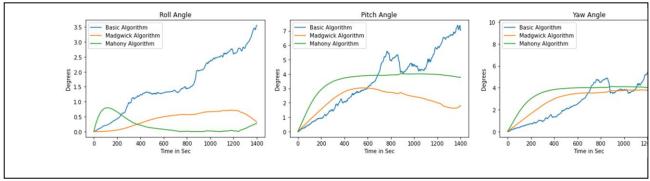


fig. 2 - RMSE of Roll, Pitch, and Yaw angles between three methods

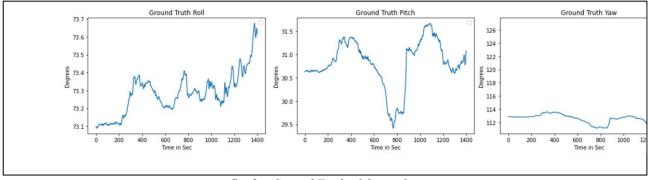


fig. 3 – *Ground Truth of the angles*

As we can see both Madgwick and Mahony algorithms performed better than the traditional integration algorithm, it is worth mentioning that the other algorithms use accelerometers and magnetometers readings also.

Conclusion

For the task of attitude estimation in AHRS for commercial grade inertial sensors methods other than the traditional one should be used, and as we can see today the two main open-source autopilot systems "Ardupliot and PX4" use other than the traditional algorithm to estimate the attitude of the drone.

References:

- [1] O. J. Woodman, "An introduction to inertial navigation An introduction to inertial navigation," Univ. Cambridge Comput. Lab., 2007.
- [2] A. Noureldin, T. B. Karamat, and J. Georgy, Fundamentals of inertial navigation, satellite-based positioning and their integration. 2013.
- [3] D. Titterton and J. Weston, "Strapdown inertial navigation technology 2nd edition [Book review," IEEE Aerosp. Electron. Syst. Mag., vol. 20, no. 7, pp. 33–34, 2005, doi: 10.1109/maes.2005.1499250.
- [4] S. O. H. Madgwick, "An efficient orientation filter for inertial and inertial/magnetic sensor arrays," 2010.
- [5] R. Mahony, T. Hamel, and J. M. Pflimlin, "Nonlinear complementary filters on the special orthogonal group," IEEE Trans. Automat. Contr., vol. 53, no. 5, 2008, doi: 10.1109/TAC.2008.923738.

DEVELOPMENTS ON NEURAL NETWORK IMPLEMENTATION FOR FPGA

Solis Romeu Edgar Shashev Vadimovich Dmitry Tomsk State University solisromeu@mail.ru

As the use of reconfigurable systems like FPGA become more widespread in the field of Machine Learning, different alternatives in their use begin to be developed. A number of this developments are geared towards the simplification of the creation of FPGA systems either through facilitating the use of programming languages as alternatives to Verilog and VHDL, or by developing means of implementing popular existing libraries like Keras, Pytorch and Tensorflow in reconfigurable systems. **Keywords** FPGA, Neural Networks, VHDL, Verilog

1. Introduction

The main tool for giving specifications for reconfiguring a FPGA is through Hardware Description Language (HDL). The most commonly used languages of these types are Verilog and VHDL. These languages, although having different syntaxes, are built on similar principles, and both are capable of describing any hardware system. Verilog was developed in 1984 by Gateway Design Automation and eventually became an open standard in 1990. VHDL stands for VHSIC (Very High Speed Integrated Circuits) Hardware Description Standard. It was developed by the Department of Defense of the United States of America in 1981. It was standardized in 1987. Originally VHDL was used for documentation of the structures and function hardware, but it started to be used for development.

HDL languages have the purpose of logic simulation and synthesis. Simulation is done by applying inputs to a module and analyzing the outputs to ensure that it is working properly. Using HDL to do this is very useful, since it allows debugging a design and to catch any error and flaw on it before the circuit is mass produced, thus saving a lot of money. Regarding FPGAs, simulations allow to refine the designs that will be applied to them and save time by ensuring that a workable circuit is going to be programmed to it, instead of finding flaws once the FPGA has been reconfigured. Synthesis is the process by which the HDL description is transformed into logic gates. [1]

2. Research On the use of OpenCl as Alternative to HDL Languages for Programming FPGA

FPGA design requires of hardware and software skills, this sometimes is an obstacle for the development of systems that use this technology. That is why some research focuses on using more widespread languages like C and C++ for developing FPGA designs. The article Research on OpenCL Optimization for FPGA Deep Learning Application, done by the College of Computer Science and Technology of Harbing Engineering University in China, proposes the use of OpenCL tools for the optimization of Deep Neural Network algorithms in FPGAs as a solution.

OpenCL is a standard used for developing parallel programming on CPUs, GPUs, as well as other processors. This standard supports different applications like embedded software. OpenCL is comprised of an API that allows the implementation of parallel computation across different processors, as well as being a programming language with a specific computation environment. OpenCL enables to describe algorithms for FPGA implementation in a level of abstraction that is higher than the HDL languages, thus easier to understand. The OpenCL program is written in C or C++ languages that can be executed on any type of processor. It also offloads computation workload to kernels. A kernel is an accelerated function that is implemented in a coprocessor device. OpenCL kernels have access to the global memory of the device. There are also "Pipes" that enable kernel to kernel communication, thus reducing the number of times kernels refer to memory. This has the effect of increasing the efficiency of the memory access. For FPGA the OpenCL kernels are implemented using FIFOs. [2]

The previously mentioned research states that when developers use other programming languages like C, C++ and OpenCl for designing circuits instead of HDL, has the result of creating designs that don't fully take advantage of the parallelism of reconfigurable systems and that lack advantages in performance compared to other implementations. To correctly take advantage of OpenCl, the authors propose a computational model for Deep Neural Networks and guidelines for taking advantage of the capabilities of an FPGA. The authors compared their model to the standard optimization provided by Xilinx for its FPGAs and were able to increase the effectiveness in the use of resources by 8-40 times. [3]

3. Optimization of FPGA Resources and Existing Machine Learning Libraries

The need for finding solutions that enable implementations that take full advantage of the possibilities offered by FPGAs has led Alireza Ghaffari and Ivon Savaria to present their own system called CNN2Gate for Convolutional Neural Networks. [4] They identified the need for design-space exploration methods that allow for the optimization of FPGA resources, as well as for methods for taking advantage of existing deep learning libraries (Pytorch, Keras,

Tensorflow and Caffe) and implementing them on FPGA through a synthesis tool. The qualities of their proposed CNN2Gate system are:

CNN2Gate uses a generalized model transfer format called ONNX (Open Neural Network eXchange format) that helps to decouple hardware synthesis tools from the framework in which a particular CNN was designed. By integrating an ONNX parser it is able to extract the weights, biases and other data-flow of a CNN model, thus helping to support as many machine learning libraries as possible.

Automated High-level synthesis tools. As previously mentioned, many machine learning engineers lack the expertise for hardware design. CNN2Gate enables synthesis work-flow for implementation of CNN in FPGAs. It is presented as a Python library that uses OpenCL tools, PipeCNN, to parse and synthesize a design, after which it runs the CNN model. This frees the engineers from manually implementing the CNN modeling to the FPGA in the early stages of the design process.

Hardware-aware Design-Space Exploration is a characteristic of CNN2Gate that helps in the selection of design parameters to achieve a desired performance before the creation of the physical design. This is done through a design-space exploration tool that adjusts the level of parallelism of the algorithm to make it fit the design of different FPGA models. To do this it estimates the hardware resource requirements. The tool checks the results utilization feedback and tunes the design parameters accordingly.

It can be resumed that the model proposed by the authors parses CNN models, extracts the computational flow of the layers as well as the weights and biases, it applies post-training quantization values to the weights and biases, writes this information for the synthesis tools, performs space design exploration for the FPGA device, and finally it synthesises and runs the project a CNN model can be synthesized by using deeply pipelined kernels. This requires the following kernels: Memory read, memory write, convolution, pooling and fully connected. Sometimes the convolution and the fully connected kernels are fused together as a 3D matrix multiplication unit. The advantages of this architecture is that pipelined kernels process the data without storing it thus improving the memory access efficiency, another advantage is that the architecture can be scalable depending on the size of the data fetched and the computer units used in the convolution and pooling layer.[4]

Another interesting capability of using ONNX is that it allows the interoperability of deep learning models. It does this by representing the flow of computations of a deep neural network as a computational graph model using the own data types and operators built in in the library. It supports Pytorch, TensorFlow, Caffe, Keras, etc. [4]

This system was tested with a design-space exploration algorithm in the research shows that the process takes at most 5 minutes depending on the algorithm used, although the synthesis time can take up to 10 hours. The exploration of design space allowed for CNN implementations that were resource effective. Each of the algorithms has advantages that depend on the type of FPGA being used, for example if the design space is convex Hill climbing will be more accurate, but if it is not convex Reinforcement Learning will be more suitable. Small design space will favour Brute Force. Querying the hardware synthesizer helps CNN2Gate to set up parameters that take advantage of the parallelism of the FPGA, and provides more precise and resource efficient models.

4. Conclusion

CNN2Gate is an interesting attempt into creating libraries that make FPGA design easier, and at the same time is a solution for creating implementations that take as much advantage as possible from the parallelism of FPGA systems. At the same time OpenCl shows that Verilog and VHDL are not the only options for FPGA design, and that alternatives exist for developers that lack knowledge in Hardware. As FPGA becomes more widespread, new tools will appear that will make it more accesible and easier to use.

References:

[1] Harris D. M., Harris Sarah L.// Digital Design and Computer Architecture // Morgan Kauffmav Publishers // 2007 // pags. 167-170

[2]OpenCL 1.2 Reference Pages // consulted on June 2021 in https://www.khronos.org/registry/OpenCL/sdk/1.2/docs/man/xhtml/[3]Zhang Sh., Wu Y., Men Ch., He H., Liang K. // Research on OpenCL Optimization for FPGA Deep Learning Application // College of Computer Science and Technology, Harbing Engineering University // Harbin, China // 2019.

[4] Ghaffari A., Savaria Y. // CNN2Gate: An Implementation of Convolutional Neural Networks Inference on FPGAs with Automated Design Space Exploration // Electrical Engineering Department, Polytechnique Montreal // 2020

A Comparative Study Between Extreme Correlation Methods in a Visual Navigation System

Ayham Shahoud Dmitry Shashev Tomsk State University ayhams86@gmail.com

This paper presents an implementation of a computer vision navigation system based on extreme correlation techniques and a georeferenced image. A comparative study was done between three correlation methods, normalized cross-correlation, normalized error squared difference, and normalized correlation coefficient. The comparison was performed using three types of images; grayscale images, binary images, and images of edges detected with Sobel detector. A simulation environment consisted of Gazebo and IRIS drone model was used, which gave us great flexibility in testing and modifying sensors and model parameters with zero cost. All correlation methods resulted in almost the same execution time and an accepted position error. The best performance was when using normalized crosscorrelation with the image of edges with 2.3m RMS error without excluding the false matchings.

Usually, inertial navigation systems (INS) and GPS are used in drone navigation systems. Using computer vision navigation systems to replace GPS outages has become an idea of interest nowadays. A huge advance has been established in this field, benefitting from the development of computers and the existence of cheap imaging systems on most autonomous vehicles for general purposes [1]. Computer vision navigation systems may use one camera (monocular) or two cameras (stereo camera) or even more. Position calculation can be incremental like visual odometry or absolute like scene matching. It can use local features such as corners and other scale-invariant features, or use global features such as correlation or Fourier transform [2]. Visual navigation has a lot of applications like planets discovery as in mars rovers, drone navigation, path tracking, auto landing, surveillance, mapping, and a lot of other application.

According to the method of calculation, there are relative navigation and absolute navigation. Absolute navigation based on correlation techniques is drift-free when compared to visual odometry. Although correlation operation consumes a lot of time, but compared to methods that depends on special points detection and tracking in scale space (such as SIFT), it is still more robust to illumination variance [3]. In scene matching, the position is calculated by matching the online image with a stored georeferenced image, then the position will be where the maximum or the minimum correlation results occur according the proposed method. In the next equations, shown the basic methods for correlation. Let T be the online captured image or template, and I the georeferenced image:

1. Normalized Cross Correlation NCCR is calculated by equation (1):

$$R(x,y) = \frac{\sum_{x',y'} ' (T(x',y').I(x+x',y+y'))}{\sqrt{\sum_{x',y'} T(x',y')^2.\sum_{x',y'} I(x+x',y+y')^2}}$$
(1)

2. Normalized Square Difference Error NSDE is calculated by equation (2):

$$R(x,y) = \frac{\sum_{x',y'} (T(x',y') - I(x+x',y+y'))^2}{\sqrt{\sum_{x',y'} T(x',y')^2 \cdot \sum_{x',y'} I(x+x',y+y')^2}}$$
(2)

3. Normalized Correlation Coefficient NCCOE ("¯" stands for the average value) is calculated by equation (3):
$$R(x,y) = \frac{\sum_{x',y'} ((T-\overline{T})(x',y').(I-\overline{I})(x+x',y+y'))^2}{\sqrt{\sum_{x',y'} (T-\overline{T})(x',y')^2.\sum_{x',y'} (I-\overline{I})(x+x',y+y')^2}}$$
(3)

After capturing each image, it is enhanced to improve the matching process then converted to the desired type: Grayscale, digital image, or to image that contains the detected edges in the original image. The same procedures also done to the reference map. Image correlation or registration needs that both images must be in the same scale and orientation and this is done using drone onboard sensors. The current scale of the image is calculated using the camera focal length, drone height, and the map resolution which is calculated from a known object in the scene.

The used camera has a field of view equals 60 degree and a 300x300 pixels. The map resolution is 0.55 m/pixel. Launching and controlling the drone path was done using SITL software in the loop for a 600m path. Navigation solution was calculated online using the three types of correlation methods mentioned above with the grayscale, binary, and edge images detected by Sobel detector. The navigation algorithm (figure.1) was realized and tested. Each type was repeated three times and the RMS error had been calculated. Nine experiments were done and repeated 3 times, that means 18 experiments were done. Position outputs were processed by Octave. An example for NCCR with a binary image only is shown in this article (figure.2). The final results are shown in table.1.

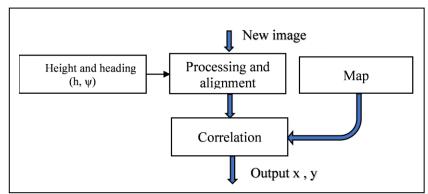


fig. 1 – Absolute navigation algorithm

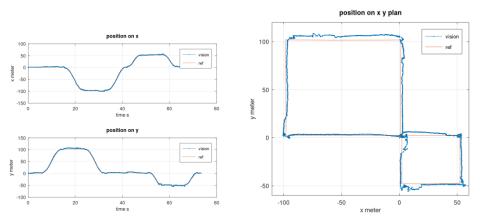


fig. 2 – Navigation results for NCCR with a binary image

Matching Type\ Error	RMS Error in (x, y) plan	MAX Error in (x, y) plan	Execution Time
NCCR with grayscale	3.1	7.8	0.039
NCCR with edges	2.3	7.4	0.042
NCCR with binary	2.5	7.3	0.041
NSDE with grayscale	2.8	8.5	0.04
NSDE with edges	5.1	9.1	0.042
NSDE with binary	3.1	9.9	0.041
NCCOE with grayscale	2.4	7.4	0.038
NCCOE with edges	3.3	8.2	0.041
NCCOE with binary	2.5	7.6	0.042

Table.1. Results for different correlation algorithms with three image types without excluding false matchings

From the table above, we found up that all matching methods resulted in accepted results. A noticeable vibration occurs when the drone stops or starts to move or even changes its direction because it (the vibration) has a large magnitude [-7, +7] degrees. All algorithms have almost equal execution time and that is what we expected, since we applied the same operations with all algorithms on the same hardware models. The template matching function in OpenCV is high-level optimized, so the execution time was good. Taking the position error into consideration, the best performance was to the NCCR with edges, then to NCCOE with Grayscale. That is because edges are stable features in the images, at the same time subtraction of the image average enhanced the matching results in NCCOE with Grayscale. Using binary images in onboard computer with small capability might be a necessary option, but that is not our case.

References:

[1] Belmonte, L.M.; Morales, R.; Fernández-Caballero, A. Computer Vision in Autonomous Unmanned Aerial Vehicles—A Systematic Mapping Study, Applied Sciences. 2019, 9, 3196.

[2] application of discrete cross-correlation function for observational-comparative navigation system,, Jan Matusewski, Wojciecn Grzywacz, Annual Of Navigation 24/2017.

[3] A low-cost solution for unmanned aerial vehicle navigation in a global positioning system-denied environment, Shahrukh Ashraf1 et al , International Journal of Distributed, Sensor Networks ,2018.

A top-level overview of blockchain/hash-graph technology relating to UAVs **Qazawat Zirak**

Tomsk State University
Dmitry V. Shashev
qazawatzirak@gmail.com

There has been a lot of experiments and research that went into swarm of drones in the recent years. Most of these research works focus the swarm pattern formation and communication aspects. Majority of these works try to improve the coverage aspects and latency of communication, however; the decentralization aspect of the swarm network is little in consideration. A peer-to-peer flying ad-hoc network might be a good solution to implement a decentralized swarm but it is not sufficient by itself. Besides the physical layer of the network, there must be such a mechanism or approach which ensures the preservation, validity, immutability, and integrity of data collected or ever emitted by drones in the swarm. Since, a decentralized swarm network is not leader-based network, it needs some kind of algorithm or mechanism for all the participants in the network to reach a consensus or agree to some action. This is where a shared data structure can be introduced in the application layer. This data structure must have the same data content among all the participants of the swarm, in other words, every change to the state of this data structure is being updated in all participants of the network based on a consensus mechanism. Two such well-known data structures are blockchain and hash-graph. Even though they are fundamentally a data structure, but with time they have become virtual computers with the introduction of immutable smart contracts.

Blockchain in its very basic form is a distributed ledger (DLT). In programming sense, it is a singly linked list which is a series of customised data types or objects [1]. Each object is a complex combination of primitive data types such as integer, string or floating types. Each object exists at some memory location in the address space and these objects are linked together in series via their memory location. A reference to the memory location of the next object is stored in the previous one. The first object is the root object. Similarly, blockchain is a series or chain of blocks of information. All the blocks have information in them in the form of transactions. These transactions are hashed together to get a single hash value. This hash value is equivalent to the pointer or memory location in a linked list. When a new block is added to the chain, it stores this hash value of the previous block in itself. The hashing is not random but done based on a Merkle Tree. All the transactions are the leaf nodes and the hash value which is stored in the next block as a reference to the previous one is the root hash of the Merkle Tree. This hash is powerful because if any single bit of information in a block change or is maliciously being changed, the whole hash calculated for that block changes. If previous block's hash is changes, the next block which had stored its hash already will be invalid. This creates immutability of information.

There are a lot of blockchains being developed and are still in development. Bitcoin [2], Ethereum [3], Solana [4], Avalanche, Cosmos, Polkadot and more. These blockchains all have some kind of consensus mechanism such as Proof-of-Work, Proof-of-Stake, or Proof-of-History. The purpose of this consensus mechanism is to let the network decide which participant of the network gets to update the shared databased (blockchain). Each participant requires some form of account with private and public key, and this shared database is stored by every participant as a copy. Proof-of-Work requires that whoever from among the participants is able to solve a hash matching problem will get to update the database. This required powerful hardware, thus, the more the hashing of your hardware, the more the chances to be able to update the ledger. This became unfair and a threat to the global warming of our planet. That is why new chains and the old ones have adopted Proof-of-Stake. In this consensus, the more an address stakes some form of tokens or money, the more it will have chances to update the ledger. The updating of the blockchain comes with incentives in the form of native tokens of that chain.

Hash-graph was invented by the Mathematician Leemon Baird and Hedera Hash-graph is the only implementation of this technology [5]. Unlike all other blockchains, this technology is patented and the team behind is trying to follow all the U.S. Securities and Exchange Commission (SEC) regulations to make it an industry standard. This is the next level of blockchain as it introduces blazing fast transaction speed and virtual voting. Structure-wise it is a little bit similar to blockchain but it works in an amazing way. Each participant in the network stores a copy of the ledger. As time passes, each participant shares what ever it knows (the state of the ledger) with random other participants. Those participants which received this information create an event. This event includes hash of the event which it received from other participants and the hash of the event of its own previous event. This is continued throughout the network. This is the standard Gossip protocol. But not only that, in the Hash-graph consensus, Gossips about Gossip are being propagated throughout the network. This results in an exponential spread of information throughout the network. Unlike blockchains where you have a block creation time, in Hash-graph consensus [6], there is no need of block formation time or artificial delay between blocks. As for governance of the network, voting is required. But, since every other participant knows what every other participant has stored because of Gossip protocol,

the voting occurs virtually. There is no need for transactions for voting because every participant can predict what every other participant is going to vote for. The comparison between a blockchain and hash-graph is shown in fig.1.

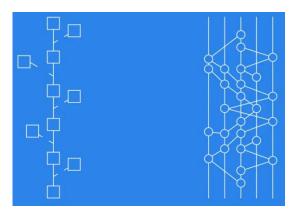


fig. 1 – Blockchain and Hash-graph structure. Blockchain on the left flowing from bottom to top in time with some forks. Hash-graph on the right flowing from bottom to top in time. Each vertical line is the time line of a participant.

And lastly, smart contracts have revolutionized DLTs. These are small pieces of programmes or code which exist on the blockchain or the hash-graph. With the introduction of smart contracts in the Ethereum blockchain, a dynamic and interactable DLTs were now being developed. The smart contract itself does nothing but only exists on the chain or hash-graph. It is only when an external account interacts with the smart contract, the smart contract becomes active. Based on the input provided, the smart contract changes the state of the DLT. For example, a smart contract may be programmed which holds funds for donations. The donation will only be finalised if a certain goal is reached. But if it is not reached, this smart contract will send the money back. Thus, there is no central authority controlling the transfer of funds back to the donators. This kind of smart contract is called an escrow contract. The design of smart contract comes down to the need and limitations of the blockchain. For example, in Ethereum the transaction cost (gas fee) must be kept in mind when writing down a smart contract. Too heavy content in a function of a smart contract will cost more gas fees. There have been solutions for this using Roll Ups and Side Chains but these are beyond the scope of this thesis.

By combining a DLT with a swarm of drones, many research problems being faced now in this domain can be overcome. For example, with the introduction of a very simple DLT in a swarm can help to provide a true and unaltered history of any collision [7]. Collision provenance becomes problematic when many swarms are operating in the airspace from many manufacturers. Since, a swarm without a DLT can not be trusted because a manufacturer might alter collision data to avoid any blame or charges or even falsely accuse. A DLT being used by these swarms will create a trust-less system where collision data can not be altered and there is no central authority. Chains like Ethereum have block time, and for Ethereum it is on average 12 seconds. Other chains have other timing of blocks. While integrating a blockchain or a hash-graph with a swarm of drones may sound easy but the main challenge lies in choosing a very good chain for integration. All chains have different properties and different consensus algorithms, which in our case the chain with the fastest block time would be ideal. The fast the block time means, the faster is the finality of data and readiness for use. Distributed Ledger Technology research related to swarm of drones is quite new field and challenging area. It is still being researched and continually integrated [8].

- [1] I. J. Jensen, D. F. Selvaraj and P. Ranganathan, "Blockchain Technology for Networked Swarms of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)," 2019 IEEE 20th International Symposium on "A World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks" (WoWMoM), 2019, pp. 1-7, doi: 10.1109/WoWMoM.2019.8793027.
- [2] Satoshi Nakamoto, "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System".
- [3] https://ethereum.org/en/whitepaper/
- [4] Anatoly Yakovenko, "Solana: A new architecture for a high performance blockchain v0.8.13".
- [5] Dr. Leemon Baird, Mance Harmon, Paul Madsen, "Hedera: A Public Hashgraph Network & Governing Council", August 2020. [6] https://hedera.com/learning/what-is-hashgraph-consensus
- [7] Alsamhi, Saeed & Lee, Brian & Guizani, Mohsen & Kumar, Neeraj & Qiao, Yuansong & Liu, Xuan & Alsamhi, S. (2021). Blockchain for decentralized multi-drone to combat COVID-19 and future pandemics: Framework and proposed solutions. Transactions on Emerging Telecommunications Technologies. 32. 10.1002/ett.4255.
- [8] https://www.youtube.com/watch?v=8rAtCpNTMD8 (Deploying Drone at Scale with Hedera Hashgraph)

Image Recognition in MATLAB using AlexNet

Jeevesh Choudhury

Tomsk State University jeevesh.choudhury@gmail.com

In this paper, we present a MATLAB algorithm^[2] to use the AlexNet^[1] Convolutional Neural Network available in the MATLAB Deep Learning Toolbox Library to train it further so it can be used to recognize and classify images as per our given training set. For this paper, we have used a training dataset involving digital artworks of various fictional characters and used this to further identify inputs regarding a specific character. Different art styles and perspectives have been used in the training set^[3] allowing for a considerable amount of versatility in recognising a specific character. The Convolutional Neural Network is thus trained using our given data set and then fed an input image completely distinct from the ones in the training set and once the accuracy of the neural network is determined, the input is further classified as per the dataset provided to identify the fictional character input into the image.

The dataset for this experiment was obtained from the Google Image Search^[4] application programming interface and initially, a random set of 100 images have been obtained of a specific character. This larger dataset has been further curated into 50 unique and distinct images for each character so as to provide as much versatility as possible to the neural network with a smaller dataset size. The resulting dataset is thus a database of roughly 200 images of varying resolution, quality, art styles, and perspectives for each character. Thus, 50 images have been curated for each of a total of 4 characters. The dataset is then loaded into MATLAB using an *ImageDatastore* object. To make sure that all the categories of the datasets have an equal number of images in them, the minimum label count of the *ImageDatastore* object is obtained using the *countEachLabel()* function and the *min()* function. After this value is calculated, the datasets are further randomized again by selecting this minimum number of images at random from the existing *ImageDatastore* object and overwriting the same with the new dataset. The AlexNet convolutional neural network can be simply loaded into the MATLAB framework by using the *alexnet* function which returns an AlexNet network trained on the ImageNet dataset

The AlexNet network takes an input image of size 227px × 227px in a 3-dimensional colour space. The input dataset thus has to have images with the same specifications as well. *Firstly*, the entire data set is split into a training data set and a test data set. For this, the *ImageDatastore* object is split using the *splitEachLabel()* command in a 1:1 ratio, i.e., 50% dataset for training and 50% for testing, with each image being sorted into the two sets by being picked at random. *Secondly*, the input image specifications for the AlexNet Network are calculated using the *layers.InputSize* function of the MATLAB toolbox. This function returns the input data size as a 1 × 3 matrix which is stored into a variable for further processing. *Lastly*, after the input size has been calculated, the dataset is then processed into the required parameters using the *augmentedImageDatastore()* function which allows us to transform a batch of images into specific parameters as per our need. The input dataset images are thus transformed into the required input size and into the right colour space. A rough idea of how the weights vary from layer to layer can be visualized by using the *mat2gray()* command in concatenation with the *Layers.Weights* sub-command^[2], the result of which can be seen in figure 1.

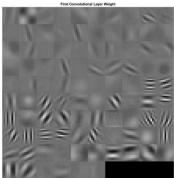


fig. 1 – Grayscale Visualization of the First Convolutional Layer Weights

The neural network is then activated using the activations() command for the training features first. A batch size of 32 is used for optimal system stability and the penultimate layer of the AlexNet network, i.e., the fc8, layer [3] is used for excitation as it is the layer with the most optimal trained weights. The labels of the resulting data obtained after the neural network excitation are then fed into a classifier model using the fitcecoc() command to generate a classifier that will further distinguish any input data into the classified datasets. After this, the test data is fed into the network once again using the activations() command and now, the predicted labels of the tested data set are now obtained using the predict() function in tandem with the classifier model formulated in the previous step. After the neural network has been trained and tested by the input datasets, we can formulate the accuracy of the network by generating a confusion matrix of the tested data and the predicted data. This matrix is then further rationalized by dividing each element by the row-wise sum of each element to obtain the mean accuracy of the overall network. These operations are implemented using a conjunction of the confusionmat() function, to initially obtain the confusion matrix with the tested and predicted data, and the bsxfun() and mean() functions to calculate the mean accuracy of the confusion matrix. Any random input image can further be tested for classification by loading it into a MATLAB workspace using the imread() function. The image first needs to be pre-processed to be in accordance with the input criteria of the AlexNet framework. The output of the neural net for this input image can be obtained using the activations() command and the predicted classification can be obtained by using this data in the *predict()* function. The output label thus obtained after this will be the result of our neural network's classification.

The AlexNet Convolutional Neural Network^[1] was one of the first Deep Convolutional Networks ever designed and while there have been other neural networks that have been developed over its backbone, it is still a viable option for any neural network application algorithms and while it may not boast as much accuracy as ResNet-152, VGGNet, or Inception, its simpler architecture allows us to understand its operations much more easily and it can be used at a lower computational cost. The inputs^[4] fed into the trained network as part of this experiment had an accuracy ranging from 67.16% to 74.51% and while that may not seem like much, it is an acceptable value for the computational cost it incurs. Furthermore, this accuracy can certainly be increased a lot more by training it on a larger data set. 50 images were optimal for this scale but with access to bigger data sizes, the accuracy of this algorithm will certainly increase considerably. Furthermore, this project can also be linked to the work in the paper "Non-GNSS Navigation Systems in Aerial Vehicles (Multi-Rotors)" where this algorithm can be used as an assisted visual recognition training method to train an aerial vehicle to follow a specific route using its visual systems.

- [1] Krizhevsky, Alex; Sutskever, Ilya; Hinton, Geoffrey E. (2017-05-24). "ImageNet classification with deep convolutional neural networks". Communications of the ACM. 60 (6): 84–90. DOI:10.1145/3065386. ISSN 0001-0782. S2CID 195908774.
- [2] Electronic Resource: "Convolutional Neural Network (CNN) Image Classification in Matlab' https://www.youtube.com/watch?v=j8taOvhHcoU
- [3] Shaojuan Li; Lizhi Wang; Jia Li; Yuan Yao. "Image Classification Algorithm Based on Improved AlexNet". Journal of Physics Conference Series 1813(1):012051. DOI: 10.1088/1742-6596/1813/1/012051
- [4] Image Resource Google Images https://images.google.com/
- [5] M.Mondal, S.Shidlovskiy, D.Shashev and M.Khaddour, "Non-GNSS Navigation Systems in Aerial vehicles (Multi-Rotors)", 2021 International Conference on Information Technology (ICIT), 2021, pp. 451-455, DOI:10.1109/ICIT52682.2021.9491750

Extended Kalman Filter for Low-Cost INS/GNSS Integration

Moutayam Ameen Khaddour Mikhail Okunsky Tomsk State University moutayam@mail.ru

Inertial navigation has the advantage of being self-contained, thus it doesn't depend on an outer source to do the navigation, but the inaccuracies especially in commercial/tactical grade Micro-Electro-Mechanical Systems "MEMS" IMUs make the solution useless after just a short time, making it a necessity to use other navigation sources such as Global Navigation Satellite System "GNSS" receivers.

Inertial navigation algorithm for strapdown IMUs will start with known initial conditions namely attitude, velocities, and position, and then will integrate the gyroscope's output from the IMU to use the newly calculated attitude to calculate velocities and position updates by integrating the projected accelerations once and twice respectively. These successive integrations will also integrate the inherited error in the sensor's output. We have two kinds of errors, static and stochastic. Usually, the static error could be removed through calibration and thus can be alleviated, the stochastic error though is harder to deal with and needs to be modeled.

GNSS navigation on the other hand doesn't suffer from drift error over time, making it a viable option for navigation nowadays, but the GNSS receiver requires line of sight to the satellites to operate normally, i.e. we can't use GNSS navigation in tunnels or underwater, and using it in canyons and urban areas is kind of a hard task, not to mention the possible danger of deliberate jamming and/or spoofing on the GNSS signals, it worth mentioning that jamming could be easily achieved by using commercial off the shelf kits.

The best option is to do sensor fusion for both the inertial sensors and the GNSS receiver, by this we will have a remedy for the fast-drifting inertial solution, also the inertial solution will be a navigation backup when GNSS outage happens.

Earlier designs used two separate navigation solutions, one from the INS and the other is from the GNSS receiver, the GNSS "GPS solution by that time" used to reset the INS error on predefined periods, this was an uncoupled system and it didn't do any real integration[1], then came the loosely coupled integration, at first it was an open-loop implementation which will subtract estimated errors from the nominal trajectory "INS solution" but will not feed that information back into the INS[2]. Later on, a better loop design was suggested, a design that will estimate the gyroscope and accelerometer biases for example in addition to giving a better estimate about the position, velocity, and attitude[3].

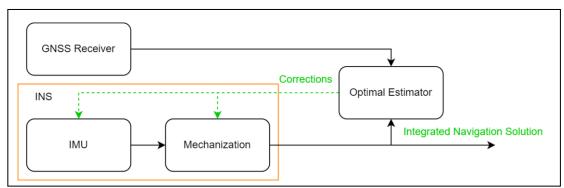


fig. 1 – A closed-loop integrated INS/GNSS system

Kalman filter is an optimal estimator for linear systems [4]. The problem with MEMS INS systems is that the error drifts make the system highly nonlinear, which makes the use of the traditional Kalman filter invalid[4], since the true system model is not linear, in Extended Kalman Filter we replace the system matrix F and the measurement matrix H by nonlinear functions of the state vector. A closed-loop implementation of the INS/GNSS system integration scheme is shown in Fig.1. where corrections from the optimal estimator help minimize the intrinsic error in the IMU sensors readings.

A 15 state EKF has been developed, to integrate the output of the INS "3 orthogonal gyroscopes, 3 orthogonal accelerometers" with the output of a GNSS receiver, the EKF has been developed in Python, for easier integration in drones, and unmanned ground vehicles. The performance penalty has been reduced by using Numba, an open-source

JIT compiler that translates a subset of Python and NumPy into fast machine code using LLVM, thus we were able with a small modification to the code to get faster performance in some cases, for example, a conversion from quaternion representation to direct cosine matrix DCM representation will take around 10.25 microsecond, and two matrices multiplication will take around 3.1 microseconds on an eighth-generation Intel CPU Core i7-8250U, those numbers turned to be around 2.35 microseconds and 2.83 microseconds respectively for the aforementioned operations. Future work will focus more on transferring the whole math operations to an in-house specially designed navigation coprocessor.

Experimental Results and Discussion

Data collected in Tomsk city has been used to test the EKF during development, later on, for comparison purposes, we used the KITTI dataset since it contains a very accurate ground truth[5] to test the accuracy of our developed algorithm. The red line in Fig.2. is the pure inertial solution, while the purple one is the ground truth, the green one is our EKF output, it is worth noting that in this test we have defaulted to use GNSS data at 1 Hz unlike the what the original dataset has. The IMU in action is an OXTS RT 3003, the gyroscope specifications of this IMU are bias $0.01^{\circ}/s$, scale factor 0.1%, and range $100^{\circ}/s$.

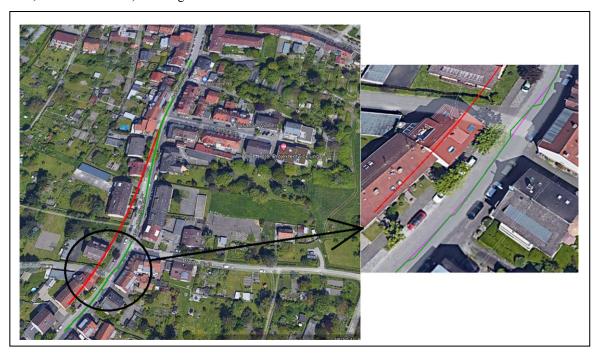


fig. 2 – The inertial solution by our EKF, the pure inertial algorithm, and the ground truth

Conclusion

Using a combination of navigation sensors and sources helps alleviate the problems caused by inaccuracies or unavailability of some sensors. EKF is an estimator used in nearly every commercially available INS/GNSS integrated navigation systems, such as the offerings from XSENS, OXTS, and VectorNav.

- [1] P. Groves, PrincGroves, P. (2013). Principles of GNSS, Inertial, and Multisensor Integrated Navigation Systems. Journal of Chemical Information and Modeling (Vol. 53).iples of GNSS, Inertial, and Multisensor Integrated Navigation Systems, vol. 53, no. 9. 2013.
- [2] A. Noureldin, T. B. Karamat, and J. Georgy, Fundamentals of inertial navigation, satellite-based positioning and their integration. 2013.
- [3] O. Salychev, Applied Inertial Navigation: Problems and Solutions. Moscow: Bauman MSTU Press, 2004.
- [4] F. L. Markley and J. L. Crassidis, Fundamentals of spacecraft attitude determination and control. 2014.
- [5] A. Geiger, P. Lenz, C. Stiller, and R. Urtasun, "Vision meets robotics: The KITTI dataset," Int. J. Rob. Res., vol. 32, no. 11, 2013, doi: 10.1177/0278364913491297.

Detecting and blurring objects in video for privacy and security $Nguyen \ The \ Cuong^{1,2}$

Syryamkin Vladimir Ivanovich², Nguyen Chien Thang³, Nguyen Hoang Thuy Trang^{1,2}

¹Vietnam Maritime University, ²Tomsk State University, ³Saigon Hanoi Commercial Bank cuongntit@vimaru.edu.vn

1. Introduction

In some situations, to ensure privacy, it is necessary to obscure or obscure the part of the image that contains certain objects (such as logos, faces, part of equipment, other dangerous images or offensive images) but still ensure the main content of the video. This paper presents how to implement that requirement for the problem that needs to be pretrained with specific objects and the problem to apply the pre-trained model. Illustrating with situations where people's faces are obscured in the video.

To detect objects (in nature) appearing in video, many neural network models have been developed such as SSD [1], YOLO [2]. For the face detection problem, the neural networks Harr-cascade [3], MTCNN [4]. This problem is classified into two methods: Method N_2 1: Applying pre-trained model to detect objects; Method N_2 2: Training to create models for user-specific problems.

2. Methods

With method $Noldsymbol{0}$ 1, the algorithm is conducted as follows: Step 1: Reading the video file frame by frame. Step 2: Applying the pre-trained model to detect and localize the small frame that contains the object. Step 3: Blurring the small frame. Step 4: Updating small frame into large frame and show like video.

To blur the part of the image in the small frame that contains the object, Gaussian Blur [5] or pixelate algorithms [6] can be applied to create a effects like part (a) and part (b) in the following figure 1.

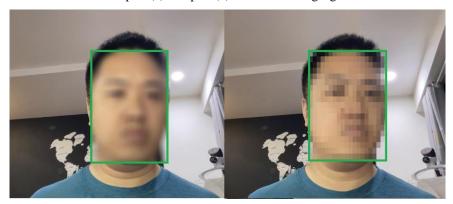


fig. 1 – The results of the implementation of the small-frame blur algorithm containing the detected object

With method \mathbb{N}_2 , the algorithm is conducted in the following steps: Step 1: Collecting image data for training. Step 2: Adjusting the neural network model to train individual classes of objects. The remaining steps are performed as in method 1, but the used model is the one that you trained yourself earlier. See also [7, 8].

Illustrating with the problem of recognizing and blurring the image area where the face appears, the results are obtained according to figure 2, the small frame border containing the face is removed to make the image more natural, the label is mark to identify object.



fig. 2 - Results of the implementation of the small-frame blur algorithm that contains the recognized object

3. Evaluation of results and conclusions

Method № 1 is applied to blur the small frame that contains common objects. Method № 2 applies to identify specific objects according to user requirements such as blurring logos, blurring faces or blurring. Neural network models are applied for good performance, suitable for videos with a playback rate of 30 fps, image resolution of 800×600 pixels. If there are few subjects, it can be applied with standard images Full HD 1920×1080 pixels. Accuracy depends a lot on whether the training image data is good enough or not (average accuracy results from 65% - 85%).

Method $Noldsymbol{0}$ 1 is applied to blur the small frame that contains common objects. Method $Noldsymbol{0}$ 2 is applied to identify separate objects, specifically at the request of the user, such as blurring logos, blurring faces or partially blurring technical equipment, offensive or violent images... to ensure privacy and security when presenting videos.

- [1] Wei L., Dragomir A., Dumitru E., Christian S., Scott R., Cheng-Yang Fu, Alexander C.B. // SSD: Single Shot MultiBox Detector. ECCV 2016: Computer Vision ECCV 2016 pp 21-37.
- [2] Joseph R., Santosh D., Ross G., Ali F. // You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. Computer Vision and Pattern Recognition (cs.CV). arXiv:1506.02640v5.
- [3] Viola, P.; Jones, M. // Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. Computer Vision and Pattern Recognition, 2001
- [4] Kaipeng Z., Zhanpeng Z., Zhifeng L., Yu Q. // Joint Face Detection and Alignment using Multi-task Cascaded Convolutional Networks. IEEE Signal Processing Letters (Volume: 23, Issue: 10, Oct. 2016). DOI: 10.1109/LSP.2016.2603342.
- [5] Getreuer Pascal // ASurvey of Gaussian Convolution Algorithms. Image Processing on Line. 3: 286–310. doi:10.5201/ipol.2013.87.
- [6] Johannes K., Dani L. // Depixelizing pixel art. ACM Transactions on Graphics. SIGGRAPH. 30 (4): 99:1–99:8. doi:10.1145/2010324.1964994. Retrieved 2016.
- [7] Нгуен Т.К., Сырямкин В.И., Нгуен Ч.Х.Т. // Модель метода распознавания объектов на изображениях с использованием «сверточной нейронной сети -CNN». Современные наукоемкие технологии. 2020. № 12-2. С. 269-280; URL: http://top-technologies.ru/ru/article/view?id=38445 (дата обращения: 26.03.2021).
- [8] Нгуен Т.К., Сырямкин В.И., Нгуен Ч.Т., Нгуен Ч.Х.Т., Динь В.Т., Данг Т.Ф.Т. // Метод построения сверточной нейросетевой модели обнаружения объектов с применением технологии трансфертного обучения. ИННОВАТИКА-2021, ISBN 978-5-93629-671-0 (ст. 126-128).

Digital 3d x-ray microtomographic scanners

Klestov Semen Aleksandrovich

Tomsk State University

Klestov_simon@mail.ru

Modern science allows analyzing the internal microstructure of objects by means of various methods. The method of X-ray microtomography is considered to be one of the best ways of nondestructive imaging. X-ray microtomography allows visualization of the internal structure of nontransparent objects in three dimensions (3D) with high spatial resolution. There is a need to examine the internal structure of nontransparent objects, especially biological ones, in the visible range of the electromagnetic radiation with micron resolution. The development of X-ray microscopy methods has allowed looking inside nontransparent objects with resolution that exceeds the capabilities of optical microscopy. Today, computer microtomography is a primary method of 3D visualization of the internal microstructure of organic and inorganic objects using X-rays. The method is similar to medical imaging, but it has significantly higher spatial resolution. Scanning visualizes the entire internal 3D structure of the object and completely preserves the sample for other studies [1-3].

Methods of digital X-ray imaging allow carrying out studies of both organic and inorganic objects and materials, identifying statistical features of composition and structure of the samples [4-7].

The work process is as follows: the X-Ray unit irradiates the object that is placed on the controlled operating area. Penetrating the object, X-rays are received by the detector element unit, which provides element-by-element recognition the full frame image of the internal structure of the object.

Let us consider a kinematic scheme of the intelligent 3D X-ray microtomographic scanner (XRMTS). Figure 1 shows the kinematic diagram of the device. During the survey, the sample rotates by 180 or 360 degrees with a fixed pitch. A shadow (transmission) image of the sample is fixed for each micro-rotation. The system saves all these projections as 16-bit tiff files. After scanning, the data array represents a set of normal transmission X-ray images. The number of files in the array depends on the step size and the value of the selected total rotation angle. For example, for a 180 ° rotation angle with 0.9 ° step, the data array will contain 200 images and a small number used to transform images to compensate for the correctness of the X-ray beam.

Completion of the sample shooting is followed by reconstruction of its image. The obtained 16-bit shadow tiff images are used to reconstruct virtual sections of the object. Further, using the reconstruction algorithm, a preliminary array of sections is generated. These data are not yet images; it is a matrix containing the absorption values in the section under reconstruction.

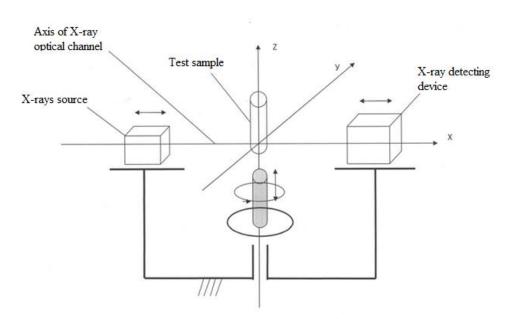
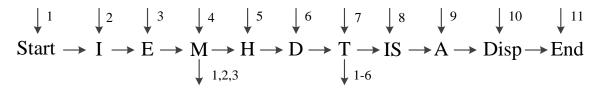


fig. 1 – Kinematic diagram of the device

The size of the matrix is similar to the number of pixels inside the section or the line of the CCD matrix (n is a number of pixels in the line of the shadow image or the CCD matrix). Now we can save the reconstructed section as a floating-point matrix containing attenuation values after reconstruction [2].

Completion of formation of the preliminary array of sections is followed by creation of a 3D image of the sample.

In the general form, the operating scheme of the XRMTS algorithm can be written as follows:



Let us explain the meaning of the operators introduced.

- 1. The operator **Start** means start of the XRMTS operation: the nodes and units of the XRMTS are prepared for operation (resetting, clearing the memory, etc.), and instruction is given to the synchronizer that determines the sequence of operations.
- 2. The operator **I** means installation of a sample (the object of investigation) in the working area (the surface of the table). This operation is preceded by preparation of a sample (assurance of the sample size).
- 3. The operator \mathbf{E} includes an electromechanic system and a monitoring system for the operation parameters by displaying on the monitor the metrological support unit.
- 4. Operator \mathbf{M} includes a metrological provision unit, including a color television control system, as well as the XRMTS security system. Here, fulfillment of the condition q is required: the object of investigation does not exceed the required dimensions and physical characteristics (for example, hardness, because external vibrations do not affect the measurement), otherwise, control functions pass to one of the operators Start, I, E.
- 5. Operator **H** includes a high-voltage power supply and a system for monitoring stability of its operation by means of displaying it on the screen of the metrological provision unit.
- 6. Operator **D** includes a detector that perceives the x-ray signal passing through the object of investigation. The detector converts the X-ray signal into an analog electrical, and then into a digital one. Here, the power supply and cooling units of the detector are turned on.
- 7. The operator **T** generates test signals for testing all modules (electronic, mechatronic and software), evaluates their state and gives an enabling signal in case of compliance of the XRMTS with the technical requirements.
- 8. The operator **IS** forms an array of two-dimensional images of the object under investigation when it is moved and rotated in the working area; (i.e. the operator provides image sensing when scanning the object of investigation). Here, fulfillment of the condition *p* is required: the power of X-ray radiation is sufficient for conducting measurements, all XRMTS modules function correctly, otherwise, the control functions pass to one of the operators Start, I, E, M, H, D
 - 9. Operator **A** analyzes a three-dimensional image and performs the following operations:
 - a) restores the 3D image of the internal structure of the material;
 - b) processes the image (filters, poses);
 - c) analyzes discontinuities (defects) of the material;
 - d) represents a color three-dimensional image (colors discontinuities).
 - 10. Operator **Disp** displays and transmits the received information.
 - 11. Operator **End** indicates the end of the XRMTS operation.

References

[1] E.N. Bogomolov, M.A. Bubenchikov, A.O. Gafurov, G.S. Glushkov, S.V. Gorbachev, D.S. Zhdanov, A.V. Osipov, V.I. Syryamkin, S.V. Shidlovsky and A.V. Yurchenko: Modern methods of materials and nanotechnologies research (Laboratory course), Tomsk State University Press, Tomsk (2012), 412 p.

[2] M.A. Bubenchikov, E.E. Gazieva, A.O. Gafurov, G.S. Glushkov, D.S. Zhdanov, D.V. Sankov, V.I. Syryamkin, S.V. Shidlovsky and A.V. Yurchenko: Modern methods of materials and nanotechnologies research, Tomsk State University Press, Tomsk (2010), 366 p.
[3] Invention patent RU 2505800 Method of X-ray tomography and device for its implementation. Authors: V.I. Syryamkin et al. 27.01.2014

[4] Klestov S.A., Syryamkin V.I., Suntsov S.B. DIGITAL 3D X-RAY MICROTOMOGRAPHIC SCANNERS FOR ELECTRONIC EQUIPMENT TESTING В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. International Conference "Actual Trends in Radiophysics". 2020. C. 012045.

[5] Digital Xray Tomography 2nd edition: nep. с русский /Syryamkin V.I., Klestov S.A., Suntsov S.B.; trans.: Tatiana B. Rumyantseva; ed.: Syryamkin V.I. London: Red Square Scientific, 2020. 200 p.

[6] V. I. Syryamkin, S. B. Suntsov, S. A. Klestov, and E. S. Echina Design of smart 3D-digital X-ray microtomographic scanners for non-destructive testing of materials and components of electronic devices with a multilayered structure, Citation: AIP Conference Proceedings 1683, 020227 (2015); doi: 10.1063/1.4932917

[7] Bureev a.sh., Klestov s.a., Kutsov m.s., Osipov a.v., Osipov yu.m., Syryamkin v.i., Suntsov s.b. digital x-ray tomography edited by v.i. syryamkin, Изд-во Red Square Scientific, Ltd. (Лондон) 2015, с. 146.

RL-PointClouds – a new synthetic dataset to classify 3D objects

Majdi Msallam Syryamkin Vladimir Ivanovich Tomsk State University majdi.f.msallam@gmail.com

Abstract - There is an urgent need to develop robots capable of detecting chemical and radioactive contamination in different environments. In this report we concentrate on developing a robot vision system. We present the steps of our proposed method to create a new synthetic dataset of objects represented using 3D point clouds. The created dataset is called "Real-Like (RL) PointClouds". We compare the created dataset with other datasets that are used for the classification of 3D objects.

We aim to develop a robot capable of terrestrial-aerial movement in various environments. The robot is supposed to be able to work in all weather conditions and around the clock in order to detect and mark dangerous areas with chemical and radioactive contamination [1]. We focus on developing a vision system for the robot so that it can perform many tasks, such as 3D maps construction, scene segmentation, objects recognition, obstacles detection and avoidance. This enables the robot to move freely and safely within the environment [2-3]. In this report, we present the steps of our proposed method to create a new synthetic dataset of 3D objects represented using point clouds. A point cloud is a 3D representation of objects, it is a set of points that are captured from the surface of an object using a 3D camera or a laser scanner. Each point carries information about its coordinates in 3D space and its color. Many publicly available datasets were created to analyze newly developed methods and algorithms. However, some of these datasets generally suffer from some drawbacks such as the small number of samples, the small number of classes, the imbalance of the number of samples per class, and the large size needed for their storage. Our created dataset is characterized by: 1) Large number of samples per class (in the current version there are 40 classes and 5000 samples per class). 2) The classes are balanced. 3) The point clouds are incomplete in a similar way to the real-world data. Their shapes depend on the relative location of a virtual 3D camera with respect to the object. 4) The dataset is very flexible as it can be used in different scenarios of training and testing classifiers. 5) Small size needed for storage on the hard disk.

The report is organized as follows: In Section 2 we present the steps of creating our synthetic dataset. We present the results and comparison in Section 3. Finally, we conclude in Section 4.

Steps of creating our synthetic dataset

The basic idea is to create 3D synthetic shapes (models) that represent real objects. Then we suppose that there is a camera located somewhere around the object capturing 3D images of it. We simulate the capturing process as we remove from the shapes all the occluded points that are not seen from the camera's view point. The detailed steps are the following: 1) Create different models for each class: many models are first created for each class, where each model is represented as a mesh consisting of a set of vertices and a set of faces as shown in Figure 1 (a-b). 2) Move the camera around objects: different locations of a virtual 3D camera are chosen in the space around objects, where each location is determined by elevation angle, azimuth angle and radius. 3) Resample all elementary surfaces randomly: all surfaces are resampled, where a number of points are selected at random locations inside each surface proportionally to its area. The result of this step with the virtual camera are shown in Figure 1 (c). 4) Delete occluded points and surfaces: for each location of the camera, the occluded points are found, then they are removed. We tested two methods to find occluded points. In the first method we draw a line between each point of the cloud and the camera center, then we look for an intersection between the drawn line and the surface of the object. The second method is much faster but less accurate, where the point cloud is first converted to an occupancy grid, then the occluded cells are found using the aforementioned principle instead of finding individual occluded points. The full occupancy grid and the resulted one after deleting occluded cells are shown in Figure 1 (d and e, respectively). Points belonging to non-occluded cells are kept to form the output point cloud as shown in Figure 1 (f).

Results and comparison

In order to generate the current version of our dataset, we chose 5 models for each one of the 40 classes from ModelNet40 dataset [4]. We chose also 100 different locations of the camera in the 3D space around each object. At each location we generated 50 samples per class. Thus, the total number of samples in the dataset is 200000. We show in Figure 2 some samples of the created dataset. In [5] a good comparison was made between a number of datasets used to classify 3D objects, we show them in Table 1. We add two columns, the first on is the size of dataset (in MB), and the second is the average number of samples per 1 MB. We notice that our dataset has a small size compared to other datasets that have a close number of samples. Or on the other hand, it has a large number of samples compared to other datasets that have a close size needed for storage.

Conclusion

In this report, we presented the steps we proposed to create a synthetic dataset of objects represented using 3D point clouds. The specifications of the resulting dataset is competitive to the publicly available datasets, as it has a large

number of classes, a large number of samples per class, and small size needed for storage. In addition, the resulting point clouds have shapes similar to the real-world data.

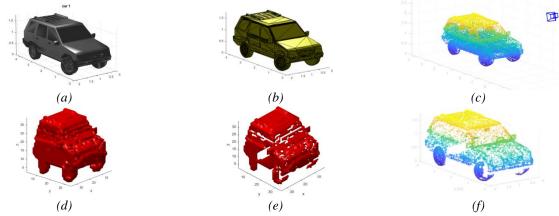


fig. 1 – Steps of creating the synthetic dataset: (a) a model, (b) the model represented as a mesh, (c) result of random resampling, (d) full occupancy grid, (e) occupancy grid after deleting occluded cells, (f) the output point cloud.

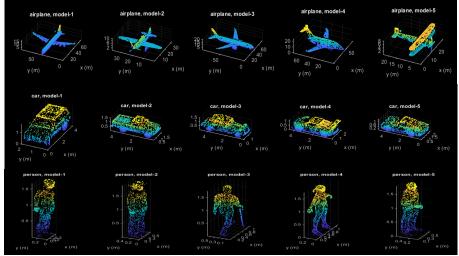


fig. 2 – Different models of some classes of the created dataset.

Table 1. Comparison between our created dataset and other datasets.

Dataset name	#Samples	#Classes	Type	Representation	Size (MB)	#Samples/1MB	
McGill Benchmark [6]	456	19	Synthetic	Mesh	294	1.55	
Sydney Urban Objects [7]	588	14	14 Real-World Point Clouds		268	2.19	
ModelNet10 [4]	4899	Synthetic Mesh		Mesh	2170	2.26	
ModelNet40 [4]	12311	40	Synthetic	Mesh	9100	1.35	
ShapeNet	51190	55	Synthetic	Mesh	-		
ScanNet	12283	17	Real-World	RGB-D	-		
ScanObjectNN	2902	15	Real-World	Point Clouds	-		
RL-PointClouds (v1)	10000	10	Synthetic	Point Clouds	193	51.81	
RL-PointClouds (v2)	200000	40	Synthetic	Point Clouds	6940	28.82	

- [1] Msallam M. and Syryamkin V. I. // Journal of Physics: Conference Series. 2021. V. 1843 (1).
- [2] Msallam M. and Syryamkin V. I. // Инноватика-2021 (22–23 апреля 2021), pp. 147–155.
- [3] Msallam M. and Syryamkin V. I. // IX Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых «Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее» (11–13 ноября 2020) Томск, 2020. pp. 255-259. [4] ModelNet [electronic resource] URL: https://modelnet.cs.princeton.edu/ (date: 28.10.2021).
- [5] Guo Y. et al. Deep Learning for 3D Point Clouds: A Survey // IEEE trans. on pattern analysis and machine intelligence, 2020.
- [6] McGill 3D Shape Benchmark [electronic resource] URL: http://www.cim.mcgill.ca/~shape/benchMark/ (date: 28.10.2021).
- [7] Sydney Dataset [electronic resource] URL: http://www.acfr.usyd.edu.au/papers/SydneyUrbanObjectsDataset.shtml/ (date: 28.10.2021).

Obstacle detection methods for offroad autonomous navigation

Uvarov Nikolai Aleksandrovich

Tomsk State University e-mail: nikotomsk@gmail.com

Autonomous navigation outside the relatively pre-defined bounds of testing grounds and city streets presents a whole slew of new, yet unsolved, challenges. Stereoscopic computer vision systems dominate the field, but there are a number of different approaches that tend to perform better than mos. Here, these approaches, their techniques and methods will be discussed.

Place for keywords: obstacle, detection, computer vision, off road.

Autonomous navigation in cross-country environments presents many new challenges with respect to more traditional, urban environments. The lack of highly structured components in the scene complicates the design of even basic functionalities such as obstacle detection. In addition to the geometric description of the scene, terrain typing is also an important component of the perceptual system. Recognizing the different classes of terrain and obstacles enables the path planner to choose the most efficient route toward the desired goal [1].

Many of the approaches to solve this problem utilize stereoscopic vision also, in this case, the solution also implicates the vehicles movements itself. Due to the fact that the vehicle is traveling off-road, there will inevitably be shaking and distortions within the frame of the video stream. This approach relies on these distortions. By combining the data that is gathered while the angle of the camera is being actively changed with the data that is coming from the stereo camera directly, it manages to identify vertical obstacles with extreme precision, as demonstrated in (Figure 1) [2].

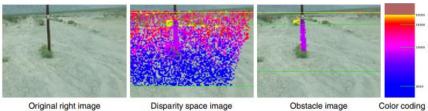


fig. 1 – The 3 stages of identifying vertical obstacles using the approach above.

Just as for any autonomous navigating, the problem of navigating at night is also present, but also much more challenging to solve off-road. Most difficult of them all to detect are negative obstacles (ditches, holes, wadis, and other depressions). The profile that such type of obstacles presents to the camera is miniscule and by the time algorithms manage to take notice of it, it might be too late for the vehicle to stop, or the vehicle might get stuck inside the obstacle due to partially moving into it. In order to keep up any sort of high speed of (30-50 kph) a drastically different approach was chosen: analyzing the surface temperature of such obstacles using an infrared camera [3]. An interesting side-effect of such terrain formations, is that they present a noticeable temperature shift due to the shade they cast inside of them, or, in case of cliffs, the lack of terrain temperature data at all. By utilizing this effect, it is possible to supplement computer vision systems with another data stream that provides enough leverage to provide reliable obstacle avoidance results.

- 1. Manduchi, R., Castano, A., Talukder, A. *et al.* Obstacle Detection and Terrain Classification for Autonomous Off-Road Navigation. *Autonomous Robots* **18**, 81–102 (2005). doi: 10.1023/B:AURO.0000047286.62481.1d
- 2. A. Broggi, C. Caraffi, R. I. Fedriga and P. Grisleri, "Obstacle Detection with Stereo Vision for Off-Road Vehicle Navigation," 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05) Workshops, 2005, pp. 65-65, doi: 10.1109/CVPR.2005.503.
- 3. Arturo L. Rankin, Andres Huertas, Larry H. Matthies, "Night-time negative obstacle detection for off-road autonomous navigation," Proc. SPIE 6561, Unmanned Systems Technology IX, 656103 (2 May 2007); doi: 10.1117/12.720513

Comparison of classical and deep learning classifiers for 3D objects recognition

Majdi Msallam Syryamkin Vladimir Ivanovich Tomsk State University majdi.f.msallam@gmail.com

Abstract - An essential function of the robot's vision system is the ability to recognize objects in the surrounding environment. In this report, we address the issue of classifying 3D objects represented by point clouds. We provide the results of training and testing many classifiers, some of them are based on deep learning such as VoxNet, PointNet, and 3DmFV, and the others are classical such as SVM. We evaluate the performance of the different classifiers using our synthetic dataset to show their pros and cons.

We are developing a robot capable of terrestrial-aerial movement in order to detect chemical and radioactive contamination in different environments [1]. It is necessary to equip the robot with a powerful vision system capable of receiving, processing and interpreting 3D data, so that it can move safely in the environment, detect and avoid obstacles, and recognize objects [2-3]. In this report, we tackle the problem of classifying 3D objects represented by point clouds. We train and test some deep learning classifiers, in addition to some other classical ones, i.e. classifiers that are based on the calculation of predefined features.

Deep learning refers to a class of machine learning algorithms, mainly based on artificial neural networks (ANN), in which a network has many layers in order to gradually extract high-level features from one layer to the next based on input data. In the classical method of object recognition, a set of predefined features are calculated. These features are determined by the designer based on his knowledge of the data and its properties. The best features are then selected to form the input of a classifier such as support vector machine (SVM), ANNs, etc. And thus, deep learning differs from the classical method in that both the features and the classifier are trained jointly, meaning that the designer of a deep learning classifier does not have to specify what features should be computed to recognize objects. Deep learning is applied in many applications, including computer vision, speech recognition, natural language processing, medical image analysis, and others [4].

Deep learning classification methods that use 3D point clouds can be divided into [5]: 1) Multi-view based methods in which point clouds are projected onto a number of 2D planes, then features are extracted from each of them and combined together for classification. 2) Volumetric-based methods where point clouds are converted to another volumetric representation before being fed into the network. VoxNet and 3DmFV are examples of this type. 3) Point-based methods that deal with point clouds directly without converting or projecting them, such as PointNet.

Results and comparison

We trained and tested five classifiers, two of which are based on predefined features (classical), which are SVM with Gaussian kernel and SVM with polynomial kernel, and the others are based on deep learning, they are VoxNet, PointNet, and 3DmFV. To train the classifiers we used our synthetic dataset that we present in our report "RL-PointClouds – a new synthetic dataset to classify 3D objects". We used a subset of the dataset to train all the classifiers, this means that they all were trained using the same data. The dataset samples can be divided into several separated subsets depending on the elevation angle of the camera. We used elevation angles {-50, 20, 20, 50} (in degrees) to train classifiers, and angles {-80, 60, 30, 0, 30, 60, 80} to test them. For each class we used three models out of the five available in the dataset for training and testing. To train the classical classifiers, we computed a set of four features related to the geometry of the point clouds in the dataset. The results of testing the classifiers are shown in Table 1, where each value expresses classification accuracy as a percentage. Figure 1 shows an example of how the shape of a point cloud of the same object can differ with different elevation angles of the camera.

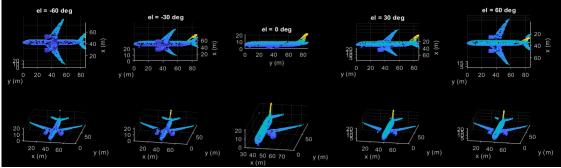


fig. 1 – Point clouds of the same object but different elevation angles of the camera. Top: point clouds as seen from the camera's view point, Down: the same point clouds, but from a fixed view point.

From Table 1 we can see that: 1) The dataset we created enabled us to evaluate the performance of the classifiers at different elevation angles, and it is clear that the performance is highly related to this angle. 2) The performance of deep learning classifiers is not always better than that of classical classifiers, but some deep learning classifiers can give excellent performance if they are sufficiently trained. The performance of classical classifiers is generally good and in some cases better than that of deep learning classifiers even though we used only four features. 3) The performance at elevation angle 0 is generally worse than that at adjacent angles. This phenomenon can be attributed to the loss of a large part of the point clouds at this angle as shown in Figure 1.

Table 1. Accuracy of the different classifiers for different elevation angles of the camera.

<u> </u>	Elevation angle (deg)						
Classifier	-80	-60	-30	0	30	60	80
SVM (polynomial)	70.5	74.8	86.2	84.8	88.7	82.9	78.5
SVM (Gaussian)	74.8	77.2	86.9	85.8	88.2	81.8	76.5
VoxNet [6]	56.8	70.6	75.0	54.8	73.9	72.4	59.5
PointNet [7]	74.8	78.4	87.1	69.3	90.0	79.6	73.5
3DmFV [8]	86.67	91.6	96.1	83.4	98.2	96.0	87.3

Consequently, classical classifiers are still a good choice for some applications, as the accuracy shown in Table 1 can be further improved by searching for other features and selecting the best of them. It is also worth noting that training deep learning classifiers takes a very long time compared to that needed to train classical classifiers, it also requires high computational capabilities.

Now, we test the trained classifiers using the remaining two models for each class that have never been used during the training process (for each class in the dataset there are 5 different models, only 3 of them are used for training). The purpose of this test is to demonstrate the classifiers' ability to recognize new models of the same class. The results are shown in Table 2, where we notice that the performance of all classifiers is poor, because they have not been trained on such models. However, we note that classifiers gave different accuracies, and this reflects their different generalization capabilities. Although the models for one class are different from each other, they have common similar features, and some classifiers were able to detect this similarity better than others. However, the results shown in Table 2 present a real challenge to us, because classes in the real world may contain a huge number of models. For example, one can think of the different models of the class "car". So, it is essential to think about how to improve the classification performance for new models that are not included during the training process.

Table 2. Accuracy of the classifiers for new models that were not included during training.

Classifie	r	SVM (polynomial)	SVM (Gaussian)	VoxNet	PointNet	3DmFV
Accuracy (%)	38.8	37.1	26.9	39.4	52.4

Conclusion

In this report, we presented the results of testing different types of deep learning and classical classifiers using the synthetic dataset we created. The results show the ability of our synthetic dataset to evaluate the performance of the different classifiers. We found that some deep learning classifiers can give excellent performance, while others are just as good or worse than classical classifiers. Because of the low complexity of classical classifiers, they may be a preferable choice in some applications that require fast training and classification with acceptable performance, while in applications where classification accuracy is paramount and the required computational capabilities are available, deep learning classifiers are the best choice. In our future work, we will try to answer the questions that arose based on the results of this report, such as: is it better to train classifiers using full point clouds or those similar to real-world data? to what extent should the number of models used in training be increased for each class so that classifiers perform well for new models?

- [1] Msallam M. and Syryamkin V. I. // Journal of Physics: Conference Series. 2021. V. 1843 (1).
- [2] Msallam M. and Syryamkin V. I. // Инноватика-2021 (22–23 апреля 2021), pp. 147–155.
- [3] Msallam M. and Syryamkin V. I. // IX Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых «Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее» (11—13 ноября 2020) Томск, 2020. pp. 255-259. [4] Murphy K. P., Machine Learning: A Probabilistic Perspective // Cambridge, MA: MIT Press, 2012.
- [5] Guo Y. et al. Deep Learning for 3D Point Clouds: A Survey // IEEE trans. on pattern analysis and machine intelligence, 2020.
- [6] Maturana D. and Scherer S. VoxNet: A 3D Convolutional Neural Network for real-time object recognition // 2015 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), 2015, pp. 922-928.
- [7] Qi C. et al. PointNet: Deep Learning on Point Sets for 3D Classification and Segmentation // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2017.
- [8] Ben-Shabat Y., Lindenbaum M. and Fischer A., "3DmFV: Three-Dimensional Point Cloud Classification in Real-Time Using Convolutional Neural Networks," // IEEE Robotics and Automation Letters, vol. 3, no. 4, pp. 3145-3152, Oct. 2018.

Construction of a 3D point cloud from a pair of 2D images of a calibrated stereo camera

Majdi Msallam Syryamkin Vladimir Ivanovich Tomsk State University majdi.f.msallam@gmail.com

Abstract - Point clouds are one of the best ways to represent 3D data. In this report, we provide the necessary steps to construct a 3D point cloud from a pair of 2D images captured using a calibrated stereo camera. The resulting point clouds then can be used to perform many functions such as 3D scene reconstruction, scene segmentation, objects recognition and obstacles detection. In addition, we provide a brief introduction to camera calibration and a description of the main steps to perform it.

In our research, we are interested in developing a robot capable of terrestrial-aerial movement in various environments with the aim of detecting chemical and radioactive contamination. We seek to provide the robot with a powerful vision system capable of receiving, processing and interpreting 3D data, so that the robot can move safely in the environment, identify objects in it, detect and avoid obstacles [1-3].

In this report, we address the issue of constructing a 3D point cloud from a pair of 2D images captured using a stereo camera. However, before the camera can be used in any application, it must be calibrated in order to estimate the various parameters that describe its geometry. So first we will give a brief introduction to camera calibration and its different parameters, in addition to an overview of the steps that are usually followed to perform the calibration. We then proceed to describe the necessary steps to combine the data from a pair of 2D images captured using a stereo camera in order to obtain 3D data and construct a 3D point cloud.

Camera calibration

Before using a machine vision system in any application, its camera (or cameras) must be calibrated. Calibration means the calculation of a set of parameters that relate the position of an object in 3D space to its projection on the camera plane, as well as to determine the relative positions of the two cameras in stereo vision systems. Camera calibration also allows to correct distortions in captured images caused by the lens. Using a calibrated stereo camera, we can measure sizes of objects and reconstruct a 3D scene of the environment. That is particularly important in applications such as robotics and navigation systems [4-6].

Camera parameters can be divided into three categories: intrinsic, extrinsic, and distortion parameters. The extrinsic parameters describe the rotation and translation transformations that relate an object from the real-world coordinate system to the camera coordinate system. In the case of a stereo camera, extrinsic parameters additionally describe the position of the second camera in relation to the first one. As for the intrinsic parameters, they describe the transfer of an object from the camera coordinate system to the image plane. These parameters include the focal length of the camera and the optical center or the so-called principle point (the point where the optical axis intersects the image plane). Lens distortion has two types, radial and tangential. Radial distortion is due to the fact that rays passing through the lens near its edges are bent more than rays closer to its center. Tangential distortion is caused by the assembly process of the camera as a whole, specifically when the camera plane is not parallel to its lens. Usually two parameters are used to correct radial distortion, and two other parameters for the tangential distortion.

A common method of camera calibration is to capture a sufficiently large number of images using the camera of a specific object called the calibration pattern. A checkerboard with some specifications is usually used for this purpose. The calibration process can be summarized as follows: 1) Establish a calibration pattern: a checkerboard can be drawn or printed on a white paper and then fixed on a board so that it can be moved easily from one place to another. It is preferable that the checkerboard is asymmetrical, and that one of its dimensions is odd and the other is even. These requirements make it possible to determine the orientation of the checkerboard uniquely in the captured images. 2) Capture several images of the calibration pattern at different locations relative to the camera. The number of images that must be taken is usually 10-20. Camera focus should be set manually on the board. The captured images are transferred to the next stages without any preprocessing such as cropping, enhancement, compression, etc. An example of a pair of stereo images is shown in Figure 1 (a-b). 3) Detect the pattern, find its size (number of rows and columns), and detect its key points (inner corners). Reject all images in which the pattern is not detected correctly. 4) Estimate initial values of the intrinsic and extrinsic parameters using closed-form solution: a simplified camera model, the pinhole model, is adopted to find mathematical formulas that relate the real-world coordinate system to the image plane. However, calibration using only these formulas is not sufficient to obtain high calibration accuracy due to the distortions. The results of this step are usually used as an initial estimation of the parameters in order to speed up the search process to find the optimal solution in the next step. 5) Refine parameters: an iterative algorithm is used to minimize the error function between the correct locations of the key points in an image and their projections (resulting from projecting the real key points onto the image plane using the calculated parameters). 6) Undistortion: each point is returned to its original position by calculating the so-called distortion matrix. As a result, lens distortion such as curvatures near the edges of an image are eliminated.

The accuracy of calibration greatly affects the overall performance of the vision system, so it is necessary to evaluate this accuracy, and this can be achieved in several ways: 1) Plotting the relative positions of the camera and the calibration pattern in the used images, as shown in Figure 1 (c). 2) Calculation of reprojection error: the extrinsic and intrinsic parameters are used to project the key points in each image onto the camera plane, then the error is calculated between their projections and the detected coordinates, as shown in Figure 1 (d). Images with high error can be omitted and the camera is then recalibrated to improve accuracy. 3) Calculation of parameter estimation error: calculate the standard deviation of the estimated parameters from the different images.

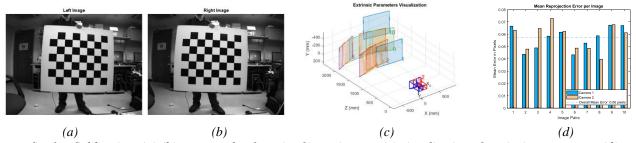


fig. 1 – Calibration: (a)-(b) an example of a pair of input images, (c) visualization of extrinsic parameters, (d) reprojection error: x-axis is image index, y-axis is the mean reprojection error (in pixels) for both left and right images

Stereo imaging

Compared with 2D data, 3D data provides a better understanding of the surrounding environment, that's why it is used in a large number of applications [7]. Here we will provide a high-level description of the steps to construct a 3D point cloud from a pair of 2D images, as follows [6]: 1) Capture image pairs and correct distortion: a pair of images of the same scene are captured simultaneously using a stereo camera. Distortion parameters are used to correct radial and tangential distortions in the captured images. 2) Rectification: during this step, the planes of the two images are adjusted so that they become coplanar (in the same plane), and have the same y coordinates (row-aligned), as shown in Figure 2 (a). 3) Correspondence and disparity calculation: for each point in the left image, search for a correspondent point in the right image, then the distance between them is calculated, this distance is called disparity. As a result we get a disparity map (Figure 2 (b)) which may contain holes (elements with nan values) in places where no correspondences were found. 4) Calculation of the depth map and construction of the point cloud: from knowing the relative positions of the two cameras, the distance from each point to the camera can be calculated from the disparity values using what is called triangulation. As a result, we get a depth map. Points whose coordinates were calculated are grouped into a point cloud, then color information is added to them from the left image, as shown in Figure 2 (c). As a simple application, we calculated the distance from the detected checkerboard to the camera as shown in Figure 2 (d).

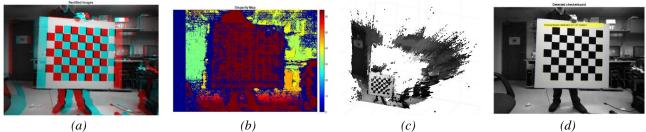


fig. 2 – Stereo imaging: (a) rectification, (b) disparity map, (c) the resulting 3D point cloud, (d) checkerboard detection and calculation of its distance (1.57 m, see Fig. 1 (c)-pattern num. 2)

Conclusion

In this report, we provided a definition of the concept of camera calibration and presented the steps that are usually followed to perform it. We also gave some guidelines to improve calibration accuracy. We then described the necessary steps to construct a 3D point cloud from a pair of 2D images captured using a calibrated stereo camera. The resulting point clouds can be used later for 3D scene reconstruction and other processing.

- [1] Msallam M. and Syryamkin V. I. // Journal of Physics: Conference Series. 2021. V. 1843 (1).
- [2] Msallam M. and Syryamkin V. I. // Инноватика-2021 (22–23 апреля 2021), pp. 147–155.
- [3] Msallam M. and Syryamkin V. I. // IX Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых «Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее» (11–13 ноября 2020) Томск, 2020. pp. 255-259.
- [4] Heikkila J. and Silven O. // Proc. of IEEE Comp. Society Conf. on Comp. Vision and Pattern Recognition, 1997, pp. 1106-1112.
- [5] Zhang Z. // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 22, no. 11, pp. 1330-1334, Nov. 2000.
- [6] Bradski G. R. and Adrian K. Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library // Sebastopol, CA: O'Reilly, 2008.
- [7] Guo Y. et al. Deep Learning for 3D Point Clouds: A Survey // IEEE trans. on pattern analysis and machine intelligence, 2020.

Reconfigurable flight-controller design in Simulink for test-implementing inter-operability of components and prototyping

Mainak Mondal Michael Okunskiy

Tomsk State University

mainakme2140@gmail.com, iamleftbrain@gmail.com,

An End-to-End Scalable and reconfigurable Flight controller design is proposed using the prototyping tool Simulink for easy implementation of new components which need to be tested for ensuring the reliability and robustness of a component.

Introduction

Most modern aerial-robotics-research laboratories work on the software as well as hardware aspect of aerial robots/drones and most researchers must write and compile/recompile the firmware every time an update is made to the source code. This source code project is also usually difficult to obtain, and considering new researchers or specialized researchers, it is a time-consuming task if a researcher uses work hours to source the project and understand it.

This project aims to solve this problem by providing a visual model of the Flight Control Software(quadcopter), where each component can be altered and replaced i.e., each block is treated a black box. This ensures that every component of the system is interchangeable, for example, a control systems engineer can navigate into the PID (proportional integral derivative) [1] block in the flight control system and just alter the PID constants or replace the entire block, without worrying about other components of the Flight Control software. The new block should be compatible with the entire system if the inputs and outputs to the block is routed correctly.

System Design

The System Design (block diagram) can be seen in fig 2, which helps in visualizing the flow of data and make changes to the system if needed. The entire system depends on UAV Toolbox Support Package for PX4 Autopilots[2] and thus is compatible with a huge number of open source autopilots(Flight Controllers) – namely the pixhawk flight controller that is used to test this system.

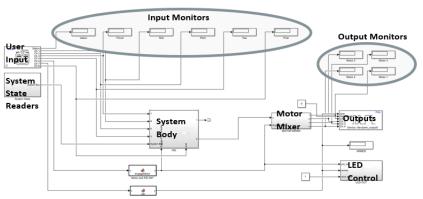


fig. 1 – System Design

A flight controller is a closed-loop feedback system where the user input is scaled and/or corrected and then finally distributed using a mixer matrix, to move the actuators (motors). The quadcoptor responds appropriately while the system state readers record the response of the vehicle and then send the values to the corrector module before sending it to the PID block for modulating the appropriate response signal.

System Blocks

The entire system has been divided into various components or system blocks which can be easily be altered.

- 1. *User Input Block* This block reads the data from the RC-In (SBUS) port of the pixhawk and then distributes the signal into different channles. Input signals Throttle, Roll, Pitch, Yaw.
- 2. System State Reader Block This block contains blocks for monitering and filtering system sensor data which determines the system state and orientation. This block published the data to a system bus. Sensors Accelerometers, Gyroscopes, Magnetometers, Barrometers etc.
- 3. System Body Block This block conatains several sub systems, responsible for scaling the input, receiving the sensor data from the system bus condition. This block also has the sensor fusion block as well as the PID block.

- 4. Motor Mixer Block This block contains the motor mixer matrix, which takes in the modulated signals or throttle, roll, pitch and yaw from the system body block and distributes it to the motors according to the requirements for appropriate movement in 3d space. The Motor Mixer contains a mathematical description of this distribution to motors.
- 5. Outputs This block directly send the signals it recieves to the MAIN outputs of the pixhawk. The MAIN ports are usually connected to the Electronic Speed Controllers powering the motors.
- 6. Input and Output monitors These moniters show the input and output PWM values.

The source files for simulink can be found on this[3] github page.

Conclusion

This Simulink model can be extremely versatile depending on the researcher's requirements.

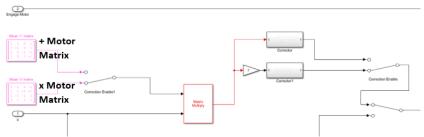


fig. 2 – Motor Mixer Subsystem block

Most often, many factors must be considered when designing a drone control system - in addition to the choice of the system control law, there are a huge number of implementations of unmanned aerial vehicle platforms. The finished control system for all types of platforms, can be used with this model, as seen in figure 2. The orientation of a quadcopter can be simply changed from the x-type factor to the + - type and even change the power of each motor using the values of this motor mixer matrix.

In addition to platform replacement, this model can also be used to test other control laws. The PID controller needs to be replaced with another one and the tests can be carried out, providing a reconfigurable platform for drones.

- 1. H. Noshahri and H. Kharrati, "PID controller design for unmanned aerial vehicle using genetic algorithm," 2014 IEEE 23rd International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), 2014, pp. 213-217, doi: 10.1109/ISIE.2014.6864613.
- 2. Mathworks UAV Toolbox Support Package for PX4 Autopilots [Electronic Resource] https://www.mathworks.com/help/supportpkg/px4/index.html, (Accessed 09.12.2021)
 - 3. Mainak's Github Page [Electronic Resource] github.com/crashxz

Mapping in Autonomous Driving

Omar Malak
Tomsk State University
Stanislav V. Shidlovsky
o.mallak91@gmail.com

Autonomous Driving for Self Driving Cars and Drones have draw the attention of many researchers due to its important aspect in Military , Industrial , Commercial applications, for example now adays we can find many self driving robots have been in implemented in ware houses to assist the workers and we can some application for some drones to scan the QR Code for the stored items.

In order to make an Autonomous Driving or any driving functions we have to understand what is the tasks are we using while driving.

The main driving tasks are the Lateral Control, for controlling the car steering and Longitudinal Control for control the breaking and acceleration of the car, the Object and event detection and response (OEDR): detection, reaction and the Planning which includes the Long term plaining for the route and Short term for obstacles avoidance along with Miscellaneous such as Indicators to notify the other drivers that you want to turn to left or right.

In order to make the Autonomous Functions we need to let the car do all that mentioned tasks by itself, by having controllers for the car (ex: Having a powerful computer to process all the data about the environment, obstacles, making decision) and to have sensors to detect the objects and observe the environment.

As we mentioned earlier these driving tasks is what defines driving and if we can add automation in order to make these functions then we have autonomous driving.

In the perspective of perception and object detection we have to differentiate between the types of perception:

Static objects such as the Road and lane markings, Curbs, Traffic lights, Road signs, Construction signs, obstructions, and more along with Dynamic objects suck as Vehicles like 4 wheelers (cars, trucks ..., etc.) or Two wheelers (motorbikes, bicycles, ..., etc.)

the Environment Perception is one of important tasks in Driving in General, and in order to make such functions we need have sensors such as LIDAR (Light Detection and Ranging), camera, RADAR (Radio Detection and Ranging), Ultrasonic Sensors, GNSS/IMU and Wheel Odometry Sensor for measuring the speed of the car where The Environment Perception can be divided to the below steps:

o Localization:

It's very important to know our current location and to understand your starting point specially when you want to move from point A to point B, you will not be able to plan your path and the best path without understanding your where are you now.

In this stage we will be using the (GPS, IMU, Wheel Odometry) to determine our current location

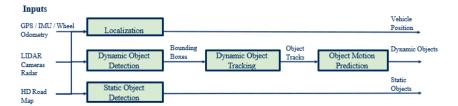
Inputs Vehicle GPS / IMU / Wheel Localization Odometry Localization

 Dynamic Object Detection
 In this Stage the LIDAR, Cameras and Radar will be used to determine the Dynamic Object and predict its motion



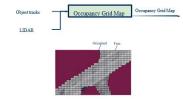
o Static Object Detection:

After Knowing the object obstacles on the environment, it's necessary to detecting Static Objects which later will be used in building the map of the environment.



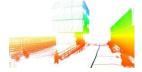
In the stage of Environment Mapping, the Road Map will be built and where the HD Road Map should have a detailed mapped containing the static obstacles and the Dynamic obstacles, and all of this will be achieved through the following steps:

Building Occupancy Grid Map:
 In this Map environment is represented as grid cells and the static object will be marked when its occupied by an object



Localization Map:

Localization Map constructed through LIDAR and Camera Data is used to improve state estimation Combined with intern sensor to localize The vehicle position



- [1] introduction to Autonomous mobile robot book by SIEGWART.
- [2] Introduction to Self-Driving Vehicle Technology book by Hanky Sjafrie
- [3] https://www.coursera.org/programs/tomsk-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-state-university-ky-
- $tfef8? current Tab = MY_COURSES \& product Id = pyKnn1PxEeiUI wqcCqhukg \& product Type = s12n \& show MiniModal = true to the first of the first of$

Международный форум «Интеллектуальные системы 4-й промышленной революции»

Сборник материалов

Редактор Сырямкин В.И. Компьютерная верстка Клестов С. А.