

УДК 519.65

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ

Д. М. Миронюк¹, Б. Я. Благітко¹, І. М. Заячук²

¹Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. генерала
Тарнавського, 107, Львів, 79017, Україна,

²Центр математичного моделювання ППММ ім. Я. С. Підстригача
НАН України, вул. Дж. Дудаєва, 15, Львів, 79005, Україна,

Обґрунтовано необхідність аналізу і моделювання процесу поєднання обчислень на графічних процесорах та програмних каркасах глибинного навчання для розпізнавання зображень. Шляхом математичного моделювання визначені основні особливості паралельних обчислень на графічних процесорах. Проаналізовано проблеми використання програмних каркасів. На прикладі продемонстровано процес навчання моделі, яка побудована на базі конволюційного класифікатора з двома структурними блоками: конволюційний блок виділення ознак та класифікатор.

Ключові слова: графічні процесори, програмні каркаси, розпізнавання образів, глибинне навчання, штучний інтелект, навчання моделі, програмні каркаси.

Постановка проблеми. З існуючих засобів для конструювання елементів штучного інтелекту різних типів можна виокремити кілька типів навчання, які класифікують всі сучасні алгоритми машинного навчання та елементів штучного інтелекту:

1. навчання з вчителем (працює за принципом порівняння виходу алгоритму з еталонним та мінімізації похибки за певним законом);
2. навчання без вчителя (деякі алгоритми кластеризації);
3. навчання з підкріпленням (сучасний підхід, що використовується для генерації зображень, відновлення зображень та відео та ін.).

Для створення, підтримки та обслуговування моделей глибинного навчання для багатьох мов програмування розроблено сучасні каркаси, які надають змогу проводити дослідження без значних затрат часу, оскільки вони пропонують власну організацію операцій та широкий спектр використовуваних функцій. Для проведення досліджень обрано два популярні програмні каркаси – tensorflow (з обгорткою Keras), PyTorch та мову Python, яка є основною у цій сфері.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Для мови Python, як однієї з основних мов для аналізу даних та глибинного навчання, розроблено велику кількість програмних каркасів. Каркаси розробляються та підтримуються найбільшими компаніями з SIG глибинного навчання (Facebook, Twitter, Microsoft, Google, Amazon та ін.), а також окремими університетами. Оскільки

всі такі бібліотеки підтримують обчислення на графічних картах, то на перший план виходить інший функціонал:

- підтримка відкритих бібліотек (OpenMP, OpenCL, OpenCV);
- наявність попередньо натренованих моделей, на основі яких можна вирішувати власні обчислювальні задачі;
- підтримка автоматичного диференціювання (алгоритмів числового визначення похідних);
- функціонал для створення, навчання та використання різних типів мереж (DBN, CNN, RNN) [5];
- підтримка паралельного виконання (паралельних сесій);
- інтерфейс для обраної мови програмування;
- тип обчислювального графа: (блочні елементи - повністю налаштовані блоки складаються у мережу), статичний (після компіляції неможливо змінити модель), динамічний (модель можна змінювати під час запуску).

TensorFlow [3] – програмний каркас, який розробляється та підтримується компанією Google і пропонує повний функціонал для конструювання, навчання, подальшого перетворення і використання моделей на основі нейронних мереж різних типів. Він містить у собі достатню кількість попередньо натренованих моделей, а також адаптований для використання на різних платформах (CPU, GPU, TPU). Розробляється та підтримується командою Google Brain та з 2015 року випускається під ліцензією відкритого типу Apache 2.0. На даний час є найпопулярнішою бібліотекою для роботи з системами глибинного навчання, а велика різноманітність попередньо натренованих моделей популярних архітектур дозволяє з незначними затратами часу та ресурсів сконструювати ефективну систему для обраної задачі. Такі моделі містять ваги для нейронних мереж із найпопулярніших змагань з машинного навчання (Pascal VOC, MS COCO, ImageNet). У свою чергу ці моделі є достатньо загальними для того, щоб можна було адаптувати власну модель під широкий клас задач із застосуванням до навчання методом Transfer Learning. Моделі TensorFlow будуються на власних типах даних – тензорах, які можна легко перетворити у звичні числові бібліотеки (numpy). Моделі TensorFlow портуються для таких мов, як C++, Python, Haskell, Java, Go та є повністю крос-платформними. Допускається підтримка динамічних графів для виконання обчислень із використанням бібліотеки TensorFlow Fold.

Keras – програмна бібліотека для розробки та підтримки систем глибинного навчання, що розроблена інженером Google Франсуа Шолле. На даний час підтримується у ядрі tensorflow. Може запускатися як обгортка до бібліотек Theano, TensorFlow та Microsoft Cognitive Toolkit і випускається під ліцензією MIT. Головними характеристиками бібліотеки є простота використання для конструювання та підтримки систем глибинного навчання, а також модульність та розширюваність. Крім того, бібліотека містить велику кількість попередньо натренованих та оптимізованих моделей глибинного навчання. Містить велику кількість реалізованих активаційних функцій, оптимізаторів та багато іншого.

Підтримує як виконання обчислень на ЦП, так і на графічних процесорах. У цій роботі Keras використовується як один із основних інструментів для конструювання нейронних мереж, їх навчання та підтримки.

PyTorch [6] – програмний каркас для Python, призначений для створення, навчання та підтримки систем глибокого навчання, що розробляється та підтримується командою Facebook AI Research. Головною його перевагою над іншими програмними каркасами є його динамічний каркас обчислень та висока оптимізованість, що дозволяє створювати та редагувати системи під час їх запуску без необхідності їх додаткової компіляції. Такий підхід дозволяє розробляти швидкі, розширювані та динамічні системи для опрацювання великої кількості даних меншими затратами оперативної пам'яті та пам'яті графічного процесора. Також користувач може як завгодно змінювати функції активації та оптимізатори під час запуску моделі на відміну від tensorflow, де обчислювальний граф фіксується після компіляції та програмних каркасів зі статичними графами, як Keras, де блоки є вже готовими і погано піддаються змінам. Бібліотека портується на Windows, Linux та MacOS і випускається під ліцензією BSD.

Повний перелік програмних каркасів для глибокого навчання та їх порівняння наведено за посиланням [1].

Як основний інструмент попередньої обробки зображень було використано бібліотеку OpenCV [4], яка є одним із найпотужніших інструментів для роботи із зображеннями. Ця збірка містить як алгоритми комп'ютерного зору, так і обробки зображень, і числові алгоритми. Бібліотека достатньо просто навчається через зв'язок інтерфейсу для Python з бібліотекою чисельних обчислень numpy. Вона розробляється та підтримується групою Inseez за підтримки Intel і містить у собі понад 2500 оптимізованих алгоритмів та числових методів обробки зображень.

Мета статті. Проаналізувати існуючі засоби для конструювання елементів штучного інтелекту різних типів. Вибрати технологію і платформу для проведення обчислень, виходячи з умови їх сумісності з сучасними програмними каркасами. Провести навчання і тестування моделі. Зробити аналіз результатів навчання моделі за допомогою обраного програмного каркасу.

Виклад основного матеріалу дослідження. В роботі пропонується для процесу навчання моделі використати методику обробки зображень на графічних процесорах технології CUDA та OpenCL .

CUDA (Compute Unified Device Architecture) [2]– це розширювана апаратно-програмна платформа для виконання паралельних обчислень на графічних картах, вперше випущена компанією Nvidia у 2006 році. Ця технологія дозволила зробити прорив у паралельних обчисленнях та відкрити виконання обчислень на графічних процесорах.

Принцип таких обчислень полягає у тому, що додатково до процесорних ядер задіюються шейдерні ядра (АЛП) графічного процесора, які за рахунок великої їх кількості дозволяють суттєво прискорити виконання обчислень, що вимагають великої кількості процесорного часу. Взаємодія між центральним та графічним

процесором відбувається через копіювання даних з пам'яті центрального процесора (кеш-пам'яті) у пам'ять графічного процесора. При цьому вирізняють пам'ять, до якої має доступ тільки процесор; пам'ять, до якої має доступ лише відеоадаптер та спільну пам'ять, через яку і здійснюється взаємодія між центральним та графічним процесорами. Пам'ять графічного процесора є спільною для всіх його шейдерних ядер, а операції виконуються паралельно на всіх ядрах.

Перевагою GPU над CPU є його швидка пам'ять та мультипроцесор, який дозволяє серйозно прискорювати виконання операцій. Сучасні GPU також підтримують операції чисел з плаваючою комою одинарної, подвійної та половинної точності. Операції половинної точності для новопредставлених тензорних ядер дозволяють прискорити обчислення більше, ніж у 10 разів. Основною характеристикою сучасних GPU є кількість виконуваних операцій з числами з плаваючою комою (FLOPS) (Floating Point Operations Per Second). Сучасні графічні адаптери з тензорними ядрами нової мікроархітектури Volta досягають потужності понад 100 TFLOPS, тоді як на класичних CUDA ядрах потужність на адаптерах старшої серії 1080 Ti не досягає 15 TFLOPS. Відмінності обчислень на CPU та GPU приведені в таблиці 1.

Таблиця

Порівняльна характеристика обчислень на CPU та GPU

CPU	GPU
Багатоядерний процесор	Мультипроцесор
MIMD	SIMD
Однопотоківість	Багатопотоковість
Великий кеш	Невеликий кеш
Швидка пам'ять	Повільна пам'ять
Випадковий доступ до пам'яті	Послідовний доступ до пам'яті

З 2006 року ця платформа постійно вдосконалювалась та було випущено шість мікроархітектур, які додавали свої вдосконалення у обчислювальний процес. Паралельно випускалися нові видання програмного каркасу CUDA, як основного інтерфейсу взаємодії з GPU. На сьогодні актуальна версія 10-го пакету інструментів.

Компанія AMD у плані виконання обчислень на графічних процесорах пішла своїм шляхом. Основні серії сучасних відеопроекторів AMD можуть працювати у режимі сумісності з технологіями CUDA через свою нову HPC платформу ROCm. Вона сумісна з частиною сучасних програмних каркасів (наприклад з tensorflow через tensorflow image у системі управління контейнерами Docker, які доступні для розробників через дослідницький репозиторій GitHub). Комунікація між відеокартою та програмними каркасами (на сьогодні доступні PyTorch, починаючи з версії 1.0), Tensorflow (починаючи з версії 1.14) та відкрита бібліотека для виконання графічних обчислень від AMD — MI Open) здійснюється за допомогою бібліотеки RCCL (ROCm Communication Collectives Library).

Для моделювання та виконання проведених досліджень було використано персональний комп'ютер з такими характеристиками:

Характеристика	Nvidia GTX 1050 Notebook
Ядра CUDA	640
Базова частота ядра (MHz)	999-1354
Розгінна частота (MHz)	1139-1493
Споживана потужність (W)	34-53
Швидкість пам'яті (Gbps)	7.0
Конфігурація пам'яті	4 GB GDDR5
Розрядність інтерфейсу пам'яті (bit)	128
Пропускна здатність пам'яті (GB/sec)	112
Покоління мікроархітектури	Pascal

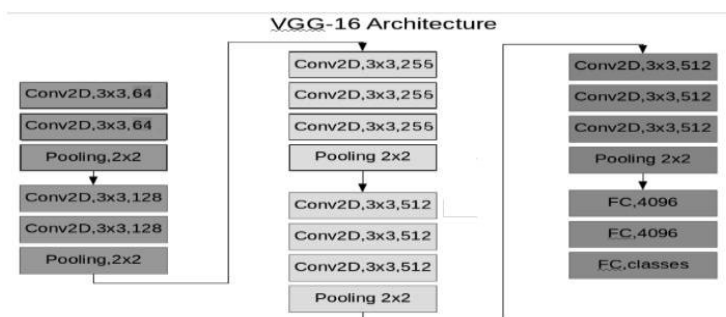


Рис 1. Типова архітектура розробленої та досліджуваної моделі

Як приклад, для навчання використано два типи моделей: власну модель, яка побудована на базі конволюційного класифікатора з двома структурними блоками: конволюційний блок (виділення ознак) та класифікатор. Типова архітектура розробленої та досліджуваної моделі приведена на Рис. 1

Для навчання та тестування було обрано частковий набір даних з 10 класів з відкритого набору Caltech101. За основний програмний каркас було обрано Keras

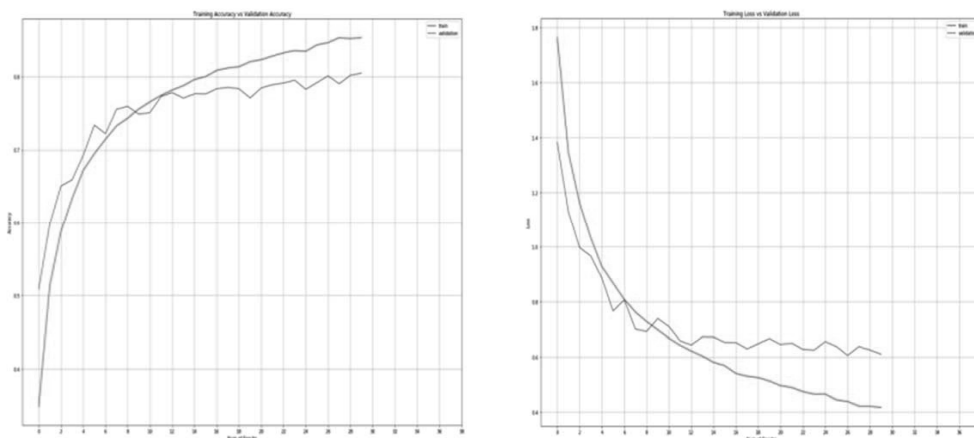


Рис. 2. Результати навчання моделі за допомогою програмного каркасу Keras

Результати навчання моделі за допомогою програмного каркасу Keras (Рис.2.) зображені у вигляді графіка точності перевірки (крива 2) порівняно з точністю навчальній послідовності (крива 1) та графіка спадання функції похибки на навчальній (крива 1) та на перевірювальній послідовності (крива 2). Точність моделі під час перевірки: 75%.

Точність розпізнавання зображень за класами зображень становить:

- Клас plane: 78%
- Клас car: 87%
- Клас bird: 63%
- Клас cat: 56%
- Клас deer: 72%
- Клас dog: 64%
- Клас frog: 80%
- Клас horse: 79%
- Клас ship: 84%
- Клас truck: 83%

Висновок. Зроблено аналіз існуючих засобів для конструювання елементів штучного інтелекту різних типів. Приведені результати досліджень розпізнавання зображень за допомогою комп'ютерних технологій. На прикладі навчання моделі шляхом застосування програмного каркасу Keras для мови Python обчислення виконувалися шляхом комп'ютерного моделювання з поєднанням паралельної роботи графічних процесорів компаній Nvidia та AMD і програмних каркасів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Hui, J. (2018, March 28) Object detection: speed and accuracy comparison (Faster R-CNN, R-FCN, SSD, FPN, RetinaNet andYOLOv3). Retrieved from: Jonathan Hui / object detection speed and accuracy comparison faster-r-cnn-r-fcn-ssd-and-yolo-5425656 ae359.
2. Alfredo Canziani, Adam Paszke, Eugenio Culurciello (2017, April 14) An Analysis of Deep Neural Network Models for Practical Applications. Retrieved from: <https://arxiv.org/abs/1605.07678>.
3. Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville Deep Learning. A MIT Press Book // Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville . - MIT Press, 2016. - 716 p. Brownlee, J. (2017, December 20) A Gentle Introduction to Transfer Learning for Deep Learning Retrieved from: <https://machinelearningmastery.com/transfer-learning-for-deep-learning/>.
4. Prateek Joshi OpenCV with Python by Example//Prateek Joshi. - Packt Publishing, 2015.-298p.
5. Siddharth, D. (2017, November 16) CNN Architectures: LeNet, AlexNet, VGG, GoogleLeNet, ResNet and more. Retrieved from: <https://medium.com/@sidereal/cnns-architectures-lenet-alexnet-vgg-googlelenet-resnet-and-more-666091488df5>.
6. PyTorch documentation Retrieved from: <https://pytorch.org/docs/stable/index.html>.

REFERENCES

1. Hui, J. (2018, March 28) Object detection: speed and accuracy comparison (Faster R-CNN, R-FCN, SSD, FPN, RetinaNet and YOLOv3). Retrieved from: Jonathan Hui / object detection speed and accuracy comparison faster-r-cnn-r-fcn-ssd-and-yolo-5425656 ae359. (in English)
2. Alfredo Canziani, Adam Paszke, Eugenio Culurciello (2017, April 14) An Analysis of Deep Neural Network Models for Practical Applications. Retrieved from: <https://arxiv.org/abs/1605.07678>. (in English)
3. Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville Deep Learning. A MIT Press Book // Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville . - MIT Press, 2016. - 716 p. Brownlee, J. (2017, December 20) A Gentle Introduction to Transfer Learning for Deep Learning Retrieved from: <https://machinelearningmastery.com/transfer-learning-for-deep-learning/>. (in English)
4. Prateek Joshi OpenCV with Python by Example // Prateek Joshi. - Packt Publishing, 2015. - 298p. (in English)
5. Siddharth, D. (2017, November 16) CNN Architectures: LeNet, AlexNet, VGG, GoogLeNet, ResNet and more. Retrieved from: <https://medium.com/@sidereal/cnns-architectures-lexnet-alexnet-vgg-googlenet-resnet-and-more-666091488df5>. (in English)
6. PyTorch documentation Retrieved from: <https://pytorch.org/docs/stable/index.html>. (in English)

DOI: 10.32403/2411-9210-2019-2-42-57-63

COMPUTER SIMULATION OF DEEP LEARNING FOR IMAGE RECOGNITION

D. Myronuyk, B. Blahitko, J. Zajazchuk

*Ivan Franko National University of Lviv,
107, Tarnavsky St., 79017 Lviv, Ukraine*

myronyukdmytro@gmail.com , blagitko@gmail.com , igorzajachj@gmail.com

The necessity of analysis and modeling of the process of combining calculations on GPUs and software frameworks of deep learning for image recognition has been substantiated. The basic features of parallel computing on GPUs are determined by mathematical modeling. Problems of using software frames are considered. The training model, built on the basis of a revolutionary classifier with two structural blocks: a block for choosing revolutionary features and a classifier, has been implemented.

Keywords: *GPUs, software frameworks, pattern recognition, deep learning, artificial intelligence, training models.*

Стаття надійшла до редакції 25.04.2019.

Received 25.04.2019.

UDC 004.451.54+004.658.3+655.15.011.56

**DESIGNING OF MULTILEVEL SYSTEM THE DISTRIBUTED
RESOURCES ADMINISTRATION IN POLYGRAPHICALLY
ORIENTED NETWORK INFRASTRUCTURE**

T. Neroda

*Ukrainian Academy of Printing
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine*

Advantages of innovative progress of polygraphy machine industry in the context of modern directions of rendering of printing services are analyzed. The importance of development of establishments of operative polygraphy with publication of limited edition and individual approach to customer according to the existing market situation is substantiated.

The review of home and world trends in transformation of printing industry and organization of production showed the lack of production facilities for flexible order support throughout the life cycle and imperfect functionality of information flows profiling in run of completed out a work tasks. Research methodological basis are principles of design theory and simulation modeling, focused in accordance with the formulated criteria on attributes determination of extended work task and flows profiling of personalized data in according to stipulated entities of technological process.

The scientific novelty of the obtained results is to develop an original infological model of target structuring in data hierarchy on work tasks for different stages order preparation with accompanying visualization of profiled content. Obtained research results will allow to expand the industry format for the exchange of production data, at the same time ensuring close integration with existing systems of through management of printing production and their gradual unification. The presented infological model will provide the deployment of a multilevel administration system of distributed resources of polygraphically oriented network infrastructure based on the software engine to support the formation of workflows and corporate record keeping in enterprise management.

***Keywords:** operative polygraphy, network infrastructure, printing services providing, technological process.*

Formulation of the problem. Innovative development of printing industry together with a specialization in computer technology opened a variety of polygraphy services, while expanding the nomenclature and reducing the minimum volume of private orders down to singled copies. Remained in the past a difficulties of preparing for printing of form, advertising, souvenir and packaging products of limited edition, caused by the high cost, complexity and time consuming execution of such orders, including manually adjusting the equipment to parameters of current work task.

In addition to printing processes, pre-printing technologies are also rapidly evolving, which today mostly boil down to customer's layout original processing, page positioning, and final color separation of polygraphy order. The efficiency of post-print order processing, further distribution and delivery of finished products also favorably differentiate small and medium-sized printing establishments from their classical competitors. The incompleteness of described scheme of the production task passage makes the refinement of modern business processes of enterprises of operative printing, imposes specific requirements on hardware and software, network infrastructure, communication web resources and strategic management according to the current market situation, as well as domestic and global trends in the provision of polygraphy services.

Analysis of recent research and publications. To issue of printing industry development and production organization, in particular, digital printing establishments, control of equipment and quality of manufactured products in manufacture of individual orders are devoted to the research of number of scientists. Computerization of logistics the limited edition with the construction of a commercial print model and targeted publications is highlighted in [1], promising technologies for the implementation of equipment and functional materials are shown in [2]. In [3-5] are presented the typical scenarios on applying a production paradigm for improving competitiveness and modeling the dynamics of production system efficiency. The integrated concept of production systems with representation of separate technological stages as a single holistic system is developed in [6-8].

However, in domestic and foreign open sources are not fully described the characteristics of production means, that would accompany orders throughout in lifecycle from author's concept clarification and inquiry registration and concluded a targeted delivery of the finished product. The performed analysis (table 1.) by stipulated criteria [9] showed that the available service supply environments of technological stages the operational printing as native applications – focused on reconciling printing equipment interfaces, and as web services – maintain a limited dialogue with the customers. Therefore, partially or completely is absent here telemetry processing functionality and profile information flows during the development of the production task, mechanisms for detecting the accumulation of disparate orders at a certain technological stage, tracking insufficient raw materials and supplies, generation of technological map for adjustment of equipment to other production, search engine optimization for web resources.

For other processes of firm, including business records, accounting, corporate budget planning, and more the problem is the harmonization of interoperable structures of information flows and crossplatform interaction protocols, which causes the use of additional converters and as a result of the accumulation of cumbersome software in enterprise with inefficient duplication of feasible services and compulsory human factor, which performs algorithmically implemented operations and presents unforeseen risks.

Table 1.

Functional eventualities the widespread computerized support environments for operative polygraphy systems

CATEGORIES	ORGANIZATION			LOCALIZATION			DISTRIBUTED MODE			ORDER CONSTRUCTOR			TASK PROCESSING			REPORTS GENERATION			AUTOMATIZATION OF TASKS			
	license accessibility	code openness	IDE prevalence	interface	documentation	Cyrillic support	network administration	working with databases	client-server architecture	virtual office	choice of raw	calculator	workflows	stage visualization	choosing of optimal technological map	processes log	phased cost estimation	production telemetry	typical orders	equipment readjustment	search engine optimization	
ENVIRONMENTS	CZ Print Job Tracker	-	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	*	
	Print Polish Marker	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
	ExelliPrint	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	*
	Remote Queue Manager	-	-	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
	Print Manager Plus	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	*
	Print Relise Station	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	*
	System Print Manager	-	-	*	+	+	+	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
	Remote Print Manager	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	*
	festprint.com.ua	*	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WEB SERVICES	dpi.ua	*	+	+	-	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	drukuy.com.ua	*	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	wolf.ua	*	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-
	albon.com.ua/latona.lviv.ua	*	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
	psdruk.com.ua	*	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	www.sprint.rv.ua	*	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		*	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* criterion cannot be applied to deployment environment

The purpose of the article — localization of basic stages of qualitative and prompt of individual order fulfilment and the further deployment of unified distributed polygraphic services administering system with integrated flexible mechanism of redistribution of server load of the main nodes to dynamically tracking the production task performance degree together with monitoring the status of individual toolkit means and interactive accompanying visualization of profiled content at end-user terminal of operational polygraphy network infrastructure.

Presentation of the main research material. The organization of network infrastructure of the publishing and printing corporation should be carried out in view of peculiarities of its administration. In this case the overriding difficulty lies in reconciling the information flows of disparate computerized platforms, active networking equipment, service and application software (Fig. 1). In designed polygraphically oriented network infrastructure one of *artworker* end-terminals receives a inquiry 3T from *customer* registered in the database. This inquiry can be a ready-made file or a set of customer desires in view of enterprise services list on corporate web portal, for what a file is prepared in one of the data structures of respective publishing system component [10]. Next is the color correction, the location of markup and control scales, trapping arrangement, layouting in accordance with paper format together with circulation amplification, other stages of the necessary printing preparation.

Thus, after adjusting the query on an automated workplace with a specific operating system and desktop publishing application software suite, an order 3M is registered for the relevant entity from the customer data base. The data structure of this order contains a direct link to corrected file, and also covers details of customer's desires regarding a quality, specified circulation, material of media, consumables, terms of preparation of finished printing product and its delivery, etc. The prepared order is interpreted on *print server* in commands list of target equipment driver – a prints work task 3H, which is also stored in production order database, separately allocated for this purpose.

Therefore, itself the work task contains a PostScript description of the polygraphic product in terms of printing device profile and possible post-print processing and shipping information. The work task arrives at target equipment, which, under the supervision and involvement of *operator*, directly manufactures the production. Printed order can be delivered to other accessories, such as folding, then gluing, trimming, laminating, etc. and at all composition stages, the task 3H is expanded and refined to include details of the resources involved, raw materials, supplies and specifications of the current process with automatic report 3B generation about work done.

Based on this generalized customer order lifecycle report the analytical apparatus of presented information system for managing the institution of operative printing generates profiled reports for conditioned entities of polygraphically oriented network infrastructure in the form of process monitoring, management reporting, financial records, accounting, asf. So, entity *supervisor* (Fig. 1) is able to observe in real time the change in telemetry of sensors and actuators. The entity *engineer-technologist* inspects production outturn of equipment involved, list of orders in queue,

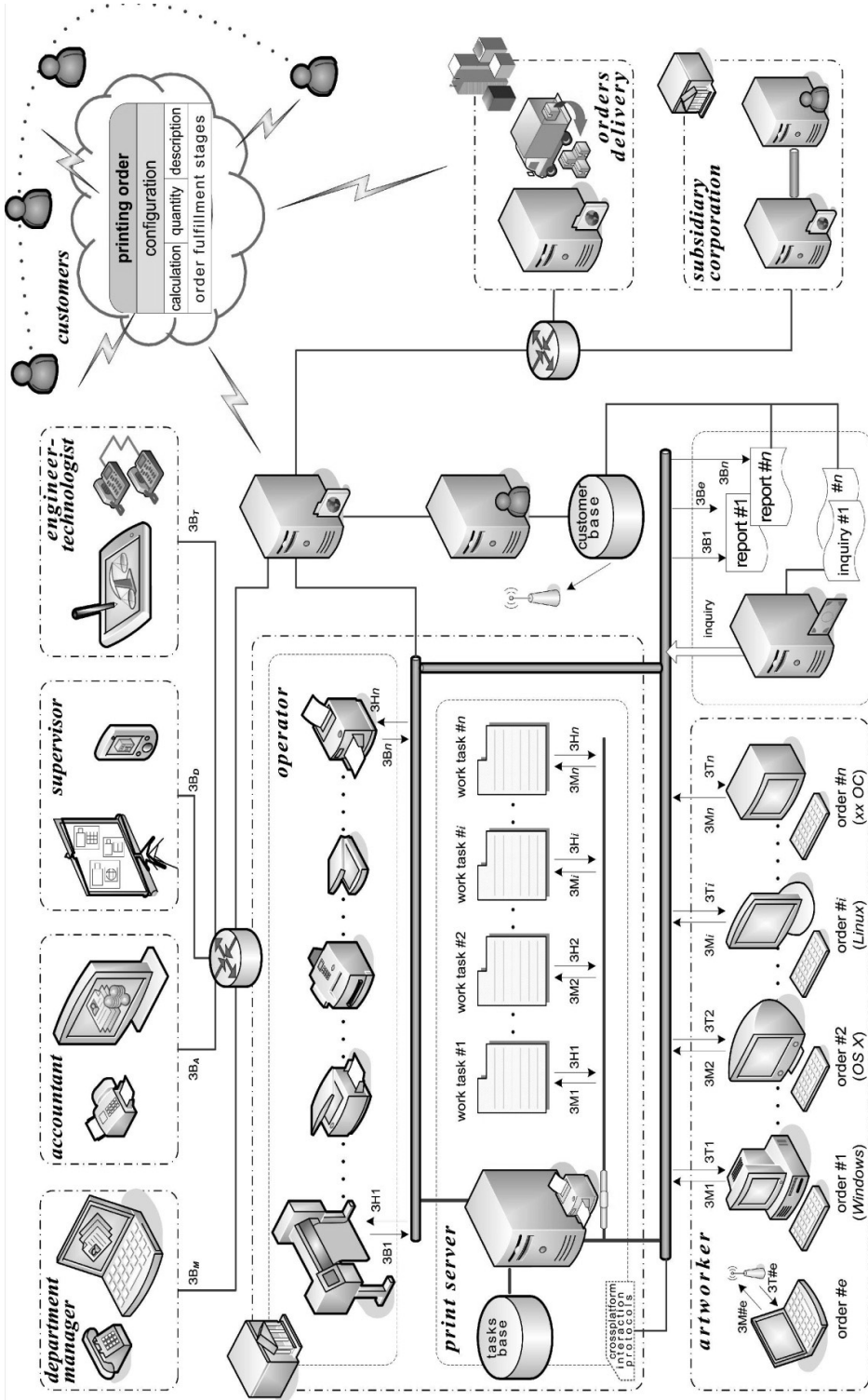


Fig. 1. Profiling information flows in the preparation of polygraphic production

nomenclature of raw materials and consumables necessary for organization of technological process and interactive make the needed adjustments. Profiled information on the value of material, physical and intellectual resources, those were spent on each order in accordance with production standards and including depreciation of hardware and software, arrive at end-terminal of entity *accountant*. Indexed reporting of described entities with some confidential production information is provided to entity *department manager*.

Attached to work task such structured extended report for all target equipment for pre-print, print and post-print order processing together with the individual contribution of all the specified entities it is decided to keep a separate original hypertag [11] in the structure of JDF production format [12], that will ensure close integration with existing systems of through management of polygraphical production and their gradual unification. The hierarchy of such a hypertag fully covers production tasks for the various stages of order preparation, acting as algorithmic support of software engine the designed system that forms workflows, transmits the attributes of the manufacturing equipment setting and maintains documentation and financial reporting in enterprise management process.

Conclusions. Deployment of projected multilevel system of administration of distributed resources of polygraphically oriented network infrastructure will provide a unified control of the life cycle of order execution in all categories of production processes from registration to delivery with the accompanying visualization of profiled content at end-terminal of communication web resources of enterprise of the printing industry regardless of the data display device and its location. Also it allows one to avoid the accumulation of disparate orders in one device or stage due to inconsistency of information flows, ensuring that work task is automatically re-routed to the optimal or free area, and inform in a timely manner about the completion of relevant consumables or means of production.

Further development of the project will be in the direction of expanding the client functionality of the dynamic web portal, which will facilitate the automation of production tasks, and the refinement of corporate database according to the stipulated attributes of technological stages. Due attention also should also be paid to formalizing the criteria of a fuzzy artificial neural network algorithm [13] to analyze and harmonize the main aspects of management activities and making decisions to coordinate the totality of equipment and communications between them, reducing the number of administrative and technical services and realizing unimpeded and high-quality preparation of printing order while reducing the complexity of production process.

LIST OF USED SOURCES

1. Wilson-Higgins S. The Impact of Print-On-Demand on Academic. Cambridge: Chandos, 2017. 216 p.
2. Kwok T.-H., Li Y., Chen Y. A structural topology design method based on principal stress line. *Computer-Aided Design*, Vol. 80, 2016. P. 19–31.

3. Litwin P., Stadnicka D. Value stream mapping and system dynamics integration for manufacturing line modelling and analysis. *International Journal of Production Economics*. Vol. 208, 2019. P. 400-411.
4. Tao F., Qi Q., Liu A., Kusiak A. Data-driven smart manufacturing. *Journal of Manufacturing Systems*. Vol. 48, Part C, 2018. P. 157-169.
5. Antonelli D., Litwin P., Stadnicka D. Multiple System Dynamics and Discrete Event Simulation for manufacturing System Performance Evaluation. *Procedia CIRP*. Vol. 78, 2018. P. 178-183.
6. Sprock T., McGinnis L.F. A Conceptual Model for Operational Control in Smart Manufacturing Systems. *IFAC-PapersOnLine*. Vol. 48, Iss. 3, 2015. P. 1865-1869.
7. Esmailian B., Behdad S., Wang B. The evolution and future of manufacturing: a review. *Journal of Manufacturing Systems*. Vol. 39, 2016. P. 79-100.
8. Saucedo-Martínez J.A., Pérez-Lara M., Marmolejo-Saucedo J.A., T. E. Salas-Fierro, P. Vasant. Industry 4.0 framework for management and operations. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. Vol. 9, Iss. 3, 2018. P. 789-801.
9. Neroda T. Criteria appreciation for implementation the analytical apparatus of operative polygraphy. *Modern Methods, Information, Software and Technical Support of Control Systems for Organizational, Technical and Technological Complexes*. 2019. P. 231-233.
10. Neroda T. Methodology of designing of the specialized application software for desktop publishing. *Technical Sciences: Modern Issues and Development Prospects*. 2013. P. 62-64.
11. Neroda T., Shepita P. Techniques of designing of client-server platform for learning experiment with integration of the manufacturing telemetry. *Computer technologies of printing*. Vol. 38, 2017. P. 70-76
12. Meissner S. *Exchange Job Definition Format*. Regensburg: Aumüller Druck GmbH&-Co, 2017. 220 p.
13. Shepita P. Modeling of an artificial neural network for prognosis the work of polygraphic equipment in Matlab system. *Automation and computer-integrated technologies in industry and education: state, achievements, prospects of development*. 2018. P. 82-84.

REFERENCES

1. Wilson-Higgins S. (2017), «The Impact of Print-On-Demand on Academic», 216 p. (in English)
2. Kwok T.-H., Li Y., Chen Y. (2016), «A structural topology design method based on principal stress line», *Computer-Aided Design*, Vol. 80, PP. 19–31. (in English)
3. Litwin P., Stadnicka D. (2019), «Value stream mapping and system dynamics integration for manufacturing line modelling and analysis», *International Journal of Production Economics*. Vol. 208, PP. 400-411. (in English)
4. Tao F., Qi Q., Liu A., Kusiak A. (2018), «Data-driven smart manufacturing», *Journal of Manufacturing Systems*. Vol. 48, Part C, PP. 157-169. (in English)
5. Antonelli D., Litwin P., Stadnicka D. (2018), «Multiple System Dynamics and Discrete Event Simulation for manufacturing System Performance Evaluation», *Procedia CIRP*. Vol. 78, PP. 178-183. (in English)
6. Sprock T., McGinnis L.F. (2015), «A Conceptual Model for Operational Control in Smart Manufacturing Systems», *IFAC-PapersOnLine*. Vol. 48, Iss. 3, PP. 1865-1869. (in English)

7. Esmailian B, Behdad S, Wang B. (2016), «The evolution and future of manufacturing: a review», Journal of Manufacturing Systems. Vol. 39, PP. 79-100. (in English)
8. Saucedo-Martínez J.A., Pérez-Lara M., Marmolejo-Saucedo J.A., T. E. Salais-Fierro, P. Vasant. (2018), «Industry 4.0 framework for management and operations» Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing. Vol. 9, Iss. 3, 2018, PP. 789-801. (in English)
9. Neroda T. (2019), «Criteria appreciation for implementation the analytical apparatus of operative polygraphy», Modern methods, information, software and technical support of control systems for organizational, technical and technological complexes, PP. 231-233. (in English)
10. Neroda T. (2013), «Methodology of designing of the specialized application software for desktop publishing», Technical sciences: modern issues and development prospects, PP. 62-64. (in English)
11. Neroda T., Shepita P. (2017), «Techniques of designing of client-server platform for learning experiment with integration of the manufacturing telemetry», Computer technologies of printing. Vol. 38, PP. 70-76. (in English)
12. Meissner S. (2017). «Exchange Job Definition Format», 220 p. (in English)
13. Shepita P. (2018). «Modeling of an artificial neural network for prognosis the work of polygraphic equipment in Matlab system», Automation and computer-integrated technologies in industry and education: state, achievements, prospects of development, PP. 82-84. (in English)

DOI: 10.32403/2411-9210-2019-2-42-64-72

ПРОЕКТУВАННЯ БАГАТОРІВНЕВОЇ СИСТЕМИ АДМІНІСТРУВАННЯ РОЗПОДІЛЕНИХ РЕСУРСІВ ПОЛІГРАФІЧНО ОРІЄНТОВАНОЇ МЕРЕЖЕВОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Т. В. Нерода

*Українська академія друкарства
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна
akt_uad@ukr.net*

Проаналізовано переваги інноваційного поступу поліграфічного машинобудування в контексті сучасних напрямків надання поліграфічних послуг. Обґрунтовано важливість розвитку закладів оперативної поліграфії з випуском обмежених накладів та індивідуальною роботою з замовником відповідно до наявної ринкової ситуації.

Виконано огляд вітчизняних та світових тенденцій трансформації поліграфічної галузі й організації виробництва, який показав відсутність засобів ведення виробництва для супроводу замовлення впродовж усього життєвого циклу та недосконалий функціонал профілювання інформаційних потоків у ході відпрацювання виробничого завдання. Методологічну базу дослідження становлять принципи теорії проектування та імітаційного моделювання, зосереджені відповідно до сформульованих критеріїв на визначенні атрибутів

розширеного виробничого завдання і профілюванні потоків персоніфікованих даних згідно з обумовленими сутностями технологічного процесу.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розробленні оригінальної інфологічної моделі цільового структурування ієрархії даних по виробничих завданнях для різних стадій підготовки замовлення із супровідною візуалізацією профільованого контенту. Результати виконаних досліджень дозволять розширити галузевий формат обміну виробничими даними, забезпечивши тісну інтеграцію з існуючими системами наскрізного управління поліграфічним виробництвом та поступову їх уніфікацію. Наведена інфологічна модель забезпечить розгортання багаторівневої системи адміністрування розподілених ресурсів поліграфічно орієнтованої мережевої інфраструктури на основі програмного рушія підтримки формування робочих потоків та корпоративного діловодства у процесі управління підприємством.

Ключові слова: *оперативна поліграфія, мережева інфраструктура, надання поліграфічних послуг, технологічний процес.*

Стаття надійшла до редакції 25.04.2019.

Received 25.04.2019.