

Научная статья

УДК 004.4

doi: 10.34822/1999-7604-2022-1-55-62

МОДЕЛИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ КОМАНДНОЙ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СООТВЕТСТВИИ СО СТАНДАРТАМИ CDIO

Дмитрий Викторович Тараканов^{1✉}, Лариса Юрьевна Запеевалова²

^{1,2}Сургутский государственный университет, Сургут, Россия

¹tarakanov_dv@surgu.ru ✉, <http://orcid.org/0000-0003-1851-1039>

²zapevalova_lyu@surgu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3302-9777>

Аннотация. Представлен способ моделирования и реализации командной работы при проектировании системы автоматизированного управления комплексом «Локальная ферма». Для формирования проектных команд, оценки своевременного и качественного выполнения работы использована E-сетевая логико-динамическая модель. Продемонстрирована успешность применения междисциплинарного подхода, приемов декомпозиции проекта на этапы и делегирования заданий участникам команд, адаптации проектных решений при создании пилотной версии оригинальной автоматизированной системы управления комплексом «Локальная ферма».

Ключевые слова: проектно-ориентированное обучение, автоматизированные системы, стандарты 3, 5, 6 CDIO, сети Петри

Для цитирования: Тараканов Д. В., Запеевалова Л. Ю. Моделирование и реализация командной проектной деятельности в соответствии со стандартами CDIO // Вестник кибернетики. 2022. № 1 (45). С. 55–62. DOI 10.34822/1999-7604-2022-1-55-62.

Original article

SIMULATING AND IMPLEMENTING A TEAM PROJECT ACTIVITY ACCORDING TO THE CDIO STANDARDS

Dmitry V. Tarakanov^{1✉}, Larisa Yu. Zapevalova²

^{1,2}Surgut State University, Surgut, Russia

¹tarakanov_dv@surgu.ru ✉, <http://orcid.org/0000-0003-1851-1039>

²zapevalova_lyu@surgu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3302-9777>

Abstract. The article proposes a method for simulating and implementing a team activity when designing an automated control system for the “Local farm” complex. E-network logical and dynamic model was used to group project teams and to assess in-time and high-quality work performance. The success of the interdisciplinary approach, methods of decomposition of the project into steps and delegation of the tasks to the teams’ participants is shown. The efficiency of adaptation of project decisions when creating a pilot version of an automated control system for the “Local farm” complex is presented.

Keywords: project oriented education, automated systems, CDIO Standards 3, 5, 6, Petri networks

For citation: Tarakanov D. V., Zapevalova L. Yu. Simulating and Implementing a Team Project Activity according to the CDIO Standards // Proceedings in Cybernetics. 2022. No. 1 (45). P. 55–62. DOI 10.34822/1999-7604-2022-1-55-62.

ВВЕДЕНИЕ

У студентов технических направлений существует большая потребность в формировании практических навыков и компетенций в области командной проектной дея-

тельности, а также в их применении при проектировании автоматизированных систем управления. Один из путей решения этих задач – внедрение в образовательный процесс проектно-ориентированного обучения с уче-

том положений международной инициативы инженерного образования CDIO (Conceive Design Implement Operate) [1].

В Сургутском государственном университете концепция проектно-ориентированного обучения и командной проектной деятельности реализуется за счет внедрения следующих стандартов:

1. Стандарт 3 – предусматривает наличие в учебном плане сбалансированного количества дисциплин soft- и hard-skills направленности.

2. Стандарт 5 – определяет включение в учебный план дисциплин «Основы проектной деятельности» и «Инженерные исследования», частью которых является разработка реальных проектов различной тематики.

3. Стандарт 6 – определяет наличие пространства для ведения проектной деятельности или специализированной опытной лаборатории-полигона, работа в которой позволяет ускорить получение результатов проектирования и проверить на практике правильность проектных решений.

Эффективность реализации положений CDIO существенно повышается с переходом от учебных проектов к реальным [2]. Как правило, в реальных проектах необходимы междисциплинарные знания и владение формируемыми в различных дисциплинах компетенциями [3].

Вопросы моделирования процессов проектирования и их реализация рассмотрены на примере проекта «Локальная ферма», система управления которым включает в себя три интегрированные подсистемы:

- сбора данных о состоянии выращиваемых культур;
- управления режимами освещения, питания, микроклиматом;
- распознавания состояния растений по цифровым изображениям.

Необходимым условием, сформулированным заказчиком, является возможность удаленного мониторинга состояния растений с использованием облачных технологий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Важными задачами при выполнении командного проекта являются оценка компетенции участников и значимости вклада

каждого участника, учет рисков и временных затрат и пр. Для их решения используется математическая модель, имитирующая не только жизненный цикл проектно-конструкторской стадии проекта, но и процесс адаптации участников к командной работе над проектом.

На рис. 1 представлена обобщенная Е-сетевая логико-динамическая модель распределения участников команд и этапов выполнения проектно-конструкторских работ. Формализм расширенной сети Петри – E(evaluation)-сети [4–8] – является эффективным инструментом описания дискретных параллельных взаимодействующих процессов.

На рис. 1 срабатывание переходов T_1 соответствует начальному этапу проектной деятельности – заявке участника в проект «Локальная ферма». В Е-сети данная процедура соответствует занесению фишки V в позиции P_1 . Фишка V содержит следующие атрибуты: экспертную оценку уровня квалификации участника, направление, на котором он обучается, номер курса, личные предпочтения. На основании вышеуказанных данных осуществляется формирование четырех команд проекта:

1. Команда А. Разработка конструкторско-макетной части.
2. Команда В. Разработка автоматизированной адаптивной системы регистрации контролируемых параметров.
3. Команда С. Разработка подсистемы технического зрения.
4. Команда D. Разработка 3D-дизайна и презентаций.

На Е-сетевой модели процедура формирования команд осуществляется с помощью перехода T_2 . Условный переход на основании значений атрибутов фишек (имитирующих участников проекта) маршрутизирует поток в необходимые выходные позиции, т. е. в позиции сети P_2 – P_5 поступают фишки, которые соответствуют командам А, В, С, D. Переход T_3 моделирует процедуру распределения обязанностей в команде А (аналогичная процедура имитируется и в других командах). После срабатывания перехода T_3 к кортежу атрибутам фишки добавляют следующие значения: номер команды и текущее

состояние проекта согласно техническому заданию. Далее последовательность переходов и позиций отражает этапы выполнения задания каждого участника команды.

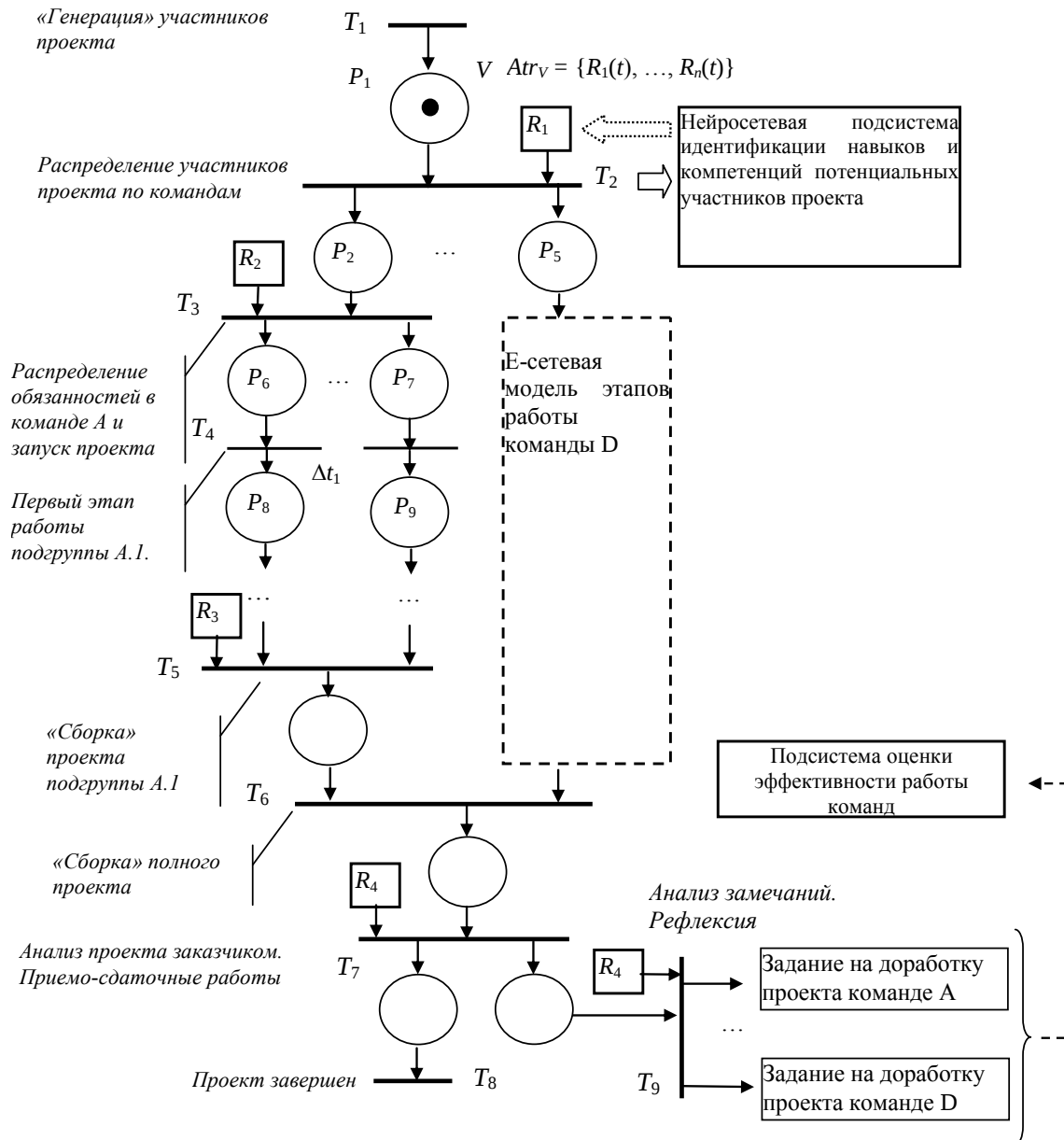


Рис. 1. Обобщенная Е-сетевая логико-динамическая модель распределения участников команд и выполнения проектно-конструкторских работ
 Примечание: составлено авторами.

Длительность задержки Δt срабатывания переходов Е-сети моделирует время выполнения каждого этапа работы. Кроме того, в модели учитываются риски при проектировании: недостаток квалификации участников, ошибки при разработке адаптивной системы управления проектом «Локальная ферма».

Переход T_5 соответствует «сборке» проекта команды A – срабатывание данного пере-

хода осуществляется при наличии всех фишек во входных позициях, что соответствует готовности всех участников команды. Аналогично переход T_7 моделирует «сборку» проекта всеми командами. Если проект удовлетворяет техническому заданию, то фишка поступает на переход/поглощение (T_8) и проект считается успешно завершенным. При наличии отклонений результатов проекта от тех-

нического задания формируется отклик обратной связи Е-сетевой модели посредством срабатывания перехода T_9 и происходит повторение необходимых этапов проектных работ. Кроме того, подсистема оценки эффективности работы команд (см. рис. 1) вычисляет показатели эффективности каждой команды и каждого участника проекта [9]. Нейросетевая подсистема идентификации навыков и компетенций участников проекта необходима для адаптации состава команд и перераспределения задач, если показатели эффективности работы команд и участников оказываются ниже критического значения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В соответствии с блочно-иерархическим подходом, задание на проектирование системы было декомпозировано: сформированы команды в составе 5–7 участников в каждой, распределены их роли, выбран лидер – координатор проекта.

Фрагмент временной диаграммы, моделируемой Е-сетевой моделью, представлен на рис. 2. В качестве иллюстрации использова-

ли команду С (разработка подсистемы технического зрения).

Команда С состояла из трех участников – h_1 , h_2 , h_3 – с установленным для каждого графиком активности (рис. 2). Проектная деятельность в команде разбивается на несколько этапов с установленными сроками и распределением задач между участниками. Например, первый участник (h_1) выполнял на первом этапе проекта обзор литературы по теме «Обработка изображений и анализ состояния растений по цифровым фотографиям». Выполнение задания заняло у него Δt_1 с интервалами между активностью ΔT_i , (рис. 2), где i – номер участника. Учитывая взаимосвязанность работ в проекте, результаты выполнения первого этапа участником h_1 выносятся на обсуждение всех участников команды для возможного инициирования выполнения следующего этапа. Данная процедура отмечена на рис. 2 вертикальными стрелками, а запаздывание начала выполнения следующего этапа (вне зависимости от причин) – переменной T_{err3} .

Выполнение первого этапа вторым участником h_2 отмечено переменной T_{end2} (рис. 2).

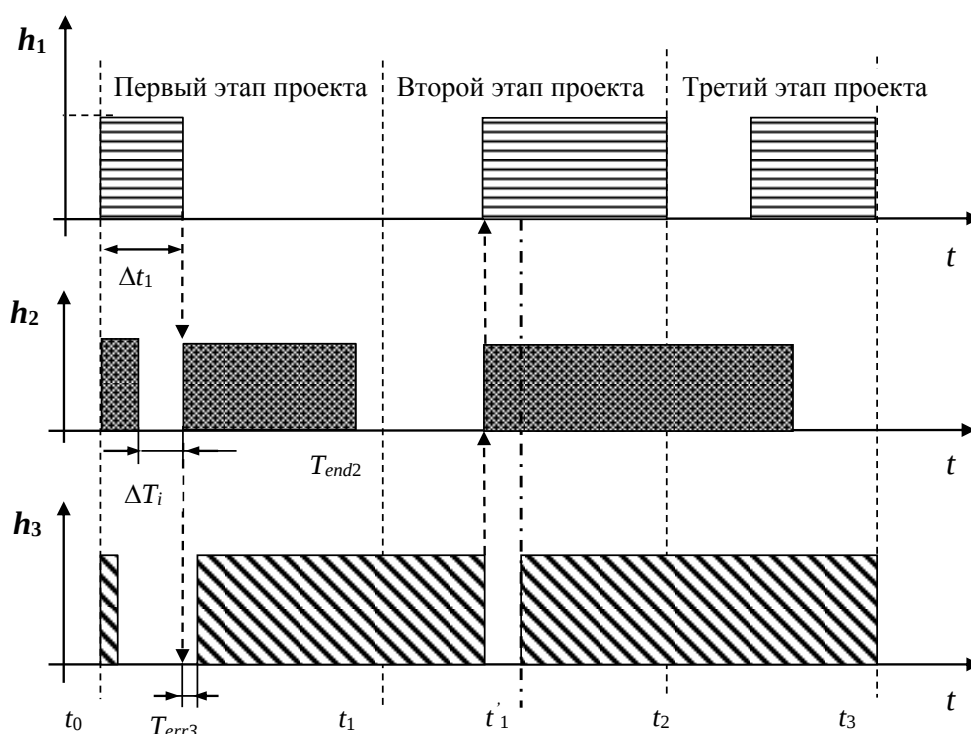


Рис. 2. Фрагмент временной диаграммы этапов выполнения проекта командой С
 Примечание: составлено авторами.

Как видно из рис. 2, фактическая длительность первого этапа проекта увеличилась из-за выхода участника h_3 за пределы запланированного интервала (t_1 – завершение первого этапа).

На рис. 3 представлен результат работы второго участника команды С в проекте «Локальная ферма»: регистрация в системе

изображений растений и их предварительная обработка (устранение помех, повышение контрастности, масштабирование). В качестве дескрипторов для распознавания состояния растений и вида заболевания использована нейросетевая сегментация изображений в пространстве RGB и анализ формы листьев растений.

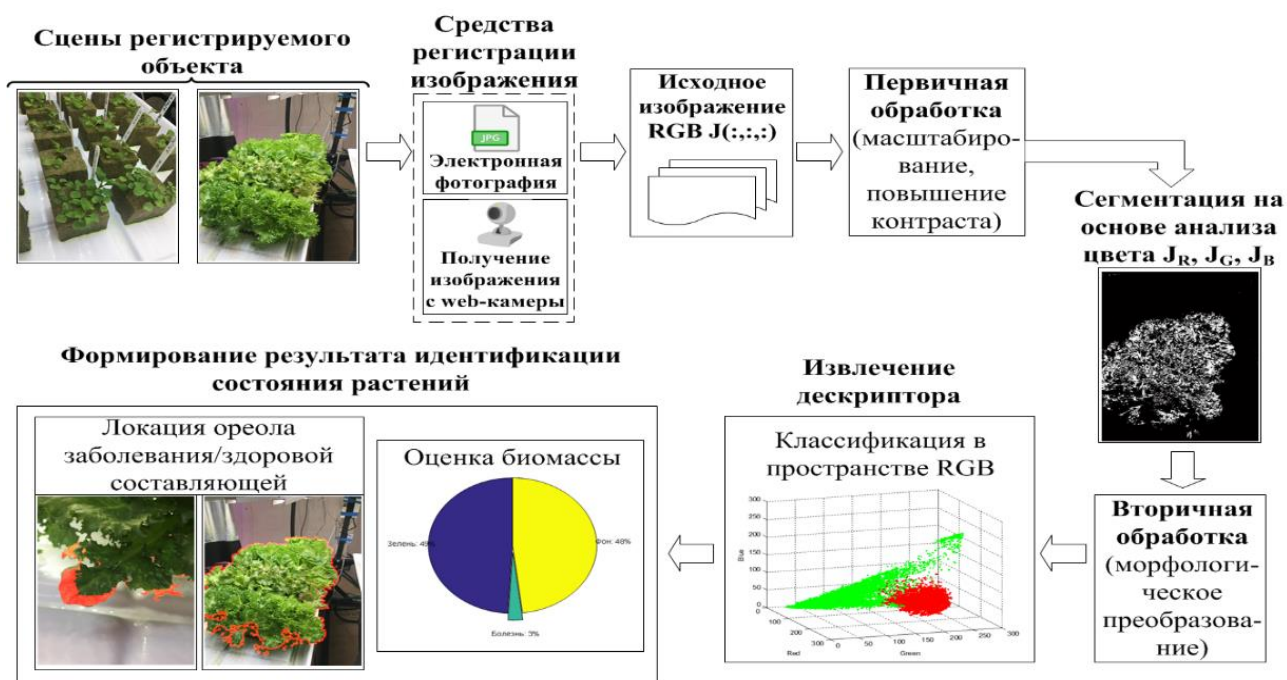


Рис. 3. Этап оценки состояния растений по цифровому изображению, разработанный вторым участником из команды С
 Примечание: составлено авторами.

На рис. 4 представлен результат нейросетевой сегментации с помощью сверточных нейронных сетей U-Net, полученный третьим участником команды С [10].

Выделение этапов проекта и распределение отдельных процедур по командам способствовало сокращению длительности процесса проектирования системы управления в целом.

Командой В на этапе планирования проведено исследование объекта управления.

Разработана структура системы автоматизированного управления комплексом «Локальная ферма», представлена концепция оригинальной адаптивной системы управления комплексом, технология организации хранилища данных, идеология реализации пользовательского интерфейса.

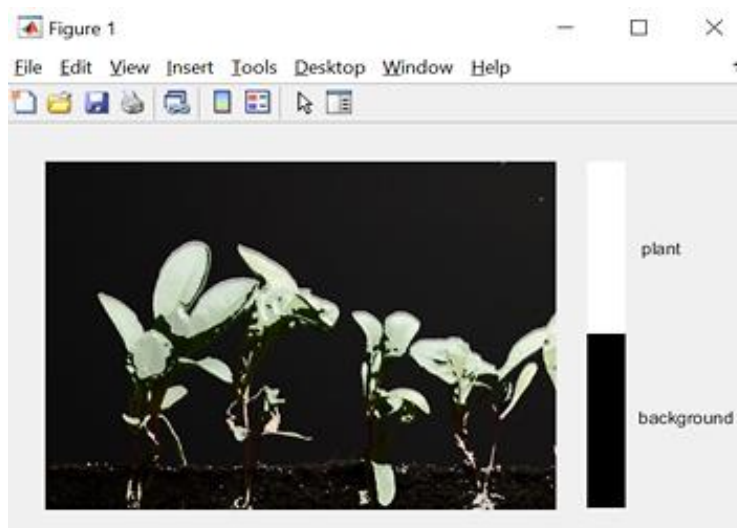


Рис. 4. Результат сегментации растений по цифровому изображению, полученный третьим участником команды С
Примечание: составлено авторами.

Включение в команды А и В студентов-биологов для проведения качественного анализа при выращивании биологических культур позволило успешно решить специфиче-

ские задачи. Участниками команды В собрана установка для «полевого» теста системы сбора данных, подведены все необходимые коммуникации (рис. 5).



Рис. 5. Тестирование системы сбора данных, выполненной командой В
Примечание: составлено авторами.

Таким образом, в ходе выполнения проекта был достигнут необходимый уровень междисциплинарного взаимодействия с использованием участниками знаний (компетенций) в таких дисциплинах, как:

- командная проектная деятельность;
- теория автоматического управления;
- микропроцессорные системы управления;
- базы данных;
- системы управления базами данных;

- техническое зрение и обработка изображений;
- облачные технологии;
- WEB-технологии;
- программирование мобильных устройств;
- компьютерная графика;
- дизайн пользовательских интерфейсов;
- идентификация и диагностика систем.

Разработана и прошла успешную апробацию пилотная версия системы управления комплексом «Локальная ферма». Участие в проектировании «Локальной фермы» показало высокую заинтересованность большинства участников в командной работе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье представлены практические результаты успешного моделирования и реализации проекта по разработке адаптивной системы управления комплексом «Локальная ферма». Проектная деятельность осуществлялась в соответствии со стандартами междуна-

родной инициативы инженерного образования CDIO. Участники приобрели опыт организации проектной и проектно-внедренческой деятельности (стандарт 5), реализации требований баланса soft- и hard-skills (стандарт 3), интеграции локальных решений в единую систему, прошедшую успешную апробацию.

Необходимость решения различных по тематике задач и их интеграции в проектные решения потребовала междисциплинарного подхода при проектировании и включения в состав команд студентов биологического профиля подготовки. Работа в реальных условиях с установленными ограничениями по срокам и требованиями к качеству исполнения позволила оптимизировать пространство проектной деятельности согласно условиям стандарта 6, а логико-динамическая E-сетевая модель – определить требуемый состав команд, оценить реальные трудозатраты и риски, связанные с выполнением проекта.

Список источников

1. Crawley E. F., Malmqvist J., Östlund S., Brodeur D. R., Edström K. Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach. 2nd ed. Springer, 2014. P. 263–266.
2. Siong G., Thow V. S. The Effect of Using “Learning-by-Doing” Approach on Students’ Motivation in Learning Digital Electronics // Proceedings of the 13th International CDIO Conference, University of Calgary, Calgary, Canada, June 18–22, 2017. P. 194–203.
3. Pereira de Carvalho C. Project Based Learning: An Approach to One Robotic Cell Design // Proceedings of the 12th International CDIO Conference, Turku University of Applied Sciences, Turku, Finland, June 12–16, 2016. P. 346–355.
4. Lomazova I. A. Resource Equivalences in Petri Nets // Proceedings of the 38th International Conference on Application and Theory of Petri Nets and Concurrency, Zaragoza, Spain, June 25–30, 2017. P. 19–34.
5. Wang M., Sun R. Modeling and Analysis for Tracing System of Agricultural Products Based on Colored Petri Net // Proceedings of the 2021 IEEE 24th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, May 5–7, 2021. P. 7–11.
6. Pop A., Blaga F. S., Ursu M. P., Bungău C., Hule V. Modeling a Manufacturing System by Using XML – Petri Nets Technology // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 916. P. 012089. DOI 10.1088/1757-899X/916/1/012089.
7. Liu F., Heiner M., Gilbert D. Coloured Petri Nets for Multilevel, Multiscale and Multi-dimensional Mod-

References

1. Crawley E. F., Malmqvist J., Östlund S., Brodeur D. R., Edström K. Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach. 2nd ed. Springer, 2014. P. 263–266.
2. Siong G., Thow V. S. The Effect of Using “Learning-by-Doing” Approach on Students’ Motivation in Learning Digital Electronics // Proceedings of the 13th International CDIO Conference, University of Calgary, Calgary, Canada, June 18–22, 2017. P. 194–203.
3. Pereira de Carvalho C. Project Based Learning: An Approach to One Robotic Cell Design // Proceedings of the 12th International CDIO Conference, Turku University of Applied Sciences, Turku, Finland, June 12–16, 2016. P. 346–355.
4. Lomazova I. A. Resource Equivalences in Petri Nets // Proceedings of the 38th International Conference on Application and Theory of Petri Nets and Concurrency, Zaragoza, Spain, June 25–30, 2017. P. 19–34.
5. Wang M., Sun R. Modeling and Analysis for Tracing System of Agricultural Products Based on Colored Petri Net // Proceedings of the 2021 IEEE 24th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, May 5–7, 2021. P. 7–11.
6. Pop A., Blaga F. S., Ursu M. P., Bungău C., Hule V. Modeling a Manufacturing System by Using XML – Petri Nets Technology // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 916. P. 012089. DOI 10.1088/1757-899X/916/1/012089.
7. Liu F., Heiner M., Gilbert D. Coloured Petri Nets for Multilevel, Multiscale and Multi-dimensional Mod-

- elling of Biological Systems // Brief Bioinform. 2019. Vol. 20, Is. 3. P. 877–886.
8. Braginsky M. Ya., Tarakanov D. V., Tsapko S. G. Hierarchical Analytical and Simulation Modelling of Human-Machine Systems with Interference // J Phys Conf Ser. 2017. Vol. 803. P. 012026.
9. Брагинский М. Я., Тараканов Д. В. Командное проектирование автоматизированной системы управления тепличным комплексом // Вестник кибернетики. 2019. № 2 (34). С. 33–40.
10. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation // Proceedings of the 18th International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2015, Munich, Germany, October 5–9, 2015. P. 234–241. (accessed: 22.02.2022).
- elling of Biological Systems // Brief Bioinform. 2019. Vol. 20, Is. 3. P. 877–886.
8. Braginsky M. Ya., Tarakanov D. V., Tsapko S. G. Hierarchical Analytical and Simulation Modelling of Human-Machine Systems with Interference // J Phys Conf Ser. 2017. Vol. 803. P. 012026.
9. Braginsky M. Ya., Tarakanov D. V. Command Pattern of Automated Control System for Greenhouse Complex // Proceedings in Cybernetics. 2019. No. 2 (34). P. 33–40. (In Russian).
10. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation // Proceedings of the 18th International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2015, Munich, Germany, October 5–9, 2015. P. 234–241. (accessed: 22.02.2022).

Информация об авторах

Д. В. Тараканов – кандидат технических наук, доцент.

Л. Ю. Запёвалова – кандидат технических наук, доцент.

Information about the authors

D. V. Tarakanov – Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor.

L. Yu. Zapevalova – Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor.