

Применение технологии «разумных» документов для обучения и исследований

А. С. Писарев

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)
a_pisarev@mail.ru

Аннотация. Разработана технология «разумных» (smart) документов для обучения и исследований, отличающаяся применением расширяемых библиотек программ на языке VBA и взаимодействием с сервисами на языке Python, что повышает производительность решения учебных задач в области управления техническими системами, информатики и анализа данных. Приведены примеры применения разработанной технологии в учебном процессе.

Ключевые слова: производительность решения учебных задач; смарт документы; управление техническими системами; учебный процесс

I. ВВЕДЕНИЕ

Для реализации четвертой промышленной революции (Industry 4.0), возникшей как немецкая высокотехнологичная стратегия (German high-tech strategy) преобразования будущих отраслей промышленности в «умные» (smart) фабрики, требуется развитие «умной» среды обучения специалистов (Learning 4.0, Education 4.0) [1, 2], способных к разработке и внедрению современных технологий облачных вычислений (cloud computing), межмашинного взаимодействия в сети Интернет (Machine to machine, M2M), Интернета вещей (IoT), киберфизических систем (CPS), цифровых двойников (Digital Twin) и др. [3].

К свойствам смарт среды обучения (Smart Learning Environments, SLE) относятся: адаптивность (adaptive learning), персонализация (personalized learning), ситуационное (situational learning) или контекстно зависимое обучение (context-aware learning), интеллектуальность или «разумность» (smart, reasonability), как способность к логическому выводу, доступность независимо от времени и места (ubiquitous), способность обеспечить высокую производительность, уровень мотивации, вовлеченности и интеллектуальной обратной связи [4].

В условиях пандемии COVID-19 многие страны применяют онлайн и смешанное (Blended Learning, BL) обучение, что подчеркивает актуальность гибкой, персонализированной и адаптивной среды обучения [4].

Наибольший прогресс достигнут в предоставлении лекционного учебного материала и средств коммуникации в системах дистанционного обучения и массовых открытых онлайн курсах (massive open online course, MOOC). Также в настоящее время проводятся

интенсивные исследования и разработки онлайн версий практических и лабораторных работ [5, 6].

Решение комплексных задач при выполнении исследований и практических работ студентами требует последовательного выбора и применения различных методов и программ обработки, анализа и визуализации информации онлайн-ресурсов. Применение в таких случаях языка VBA в учебных материалах на основе Microsoft Office Word и Excel может улучшить способность решать задачи, что подтверждается в ряде исследований [7, 8]. Известны подходы, основанные на использовании онтологий для обеспечения семантической интероперабельности документов [9], однако, вопросы применения сетевых сервисов в документах с использованием языка VBA исследованы еще недостаточно.

В докладе представлены результаты разработки и применения в практических работах учебного процесса технологии «разумных» документов, которая отличается включением в документы открытого программного кода с поддержкой сетевого взаимодействия и онтологий, что позволяет реализовать персонализированные, интерактивные документы с интеграцией данных и учебных облачных сервисов.

II. МЕТОД

Разработан метод и технология смарт-документов, которые отличаются активным, контекстно зависимым интерфейсом электронных документов и таблиц, а также использованием онтологий, веб-инструментов и сервисов, что позволяет повысить производительность при решении учебных и прикладных задач на основе экосистемы информационных и вычислительных онлайн ресурсов.

Метод отличается расширением модели документов программами интеллектуальных агентов для сетевого взаимодействия и логического вывода, что позволяет интегрировать информационные и вычислительные ресурсы экосистемы SLE.

На рис. 1 представлена концептуальная схема создания киберфизической системы (КФС) на основе дополнения существующих физических систем (ФС) их кибернетическими двойниками (КС). Условием связности модели КФС в виде графа является наличие общих протоколов взаимодействия и механизмов прав доступа в КС.

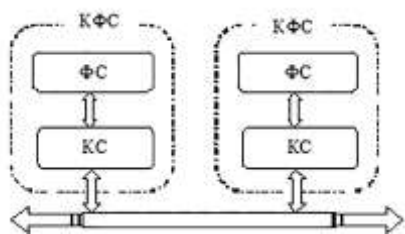


Рис. 1. Киберфизическая экосистема

Для решения учебных задач с данными, производимыми киберфизическими системами, студентам необходимы знания методов и навыки разработки и использования программ интеграции и интеллектуального анализа, идентификации моделей ФС, управления, прогнозирования, технической диагностики и др.

Технология смарт-документов является подклассом технологий многоагентных систем, применяемых в промышленности [10], с расширенным использованием облачных сервисов [11] и характеризующиеся свойствами:

- активности;
- коммуникативности;
- адаптивности;
- контекстно зависимых знаний;
- механизмов логического вывода.

Активность – способность реагировать на изменения среды (реактивность) или осуществлять цепочки операций для решения поставленных задач при достижении целей (проактивность), охватывающая разнородные устройства, приложения, сервисы и источники информации [12].

Коммуникативность – способность взаимодействовать с облачными сервисами по стандартным протоколам безопасности и передачи данных.

Адаптивность – способность приспосабливаться к изменениям задач, пользователей и среды для достижения поставленной цели. Адаптация к изменениям среды включает поиск и использование актуальных сервисов, соответствующих решаемой задаче.

Система является контекстно зависимой, если она использует контекстные онтологические знания для предоставления релевантной информации или услуги для пользователя [13].

Механизм логического вывода – формирование выводов на основе фактов и знаний. Данное свойство реализуется на основе булевой логики и логических правил, деревьев решений, вероятностного, нечеткого вывода и др. Возможность проверки человеком истинности решений, подготовленных машиной, выдвигает дополнительное требование этико-правовой аргументации к интеллектуальным автономным системам [14].

III. РЕЗУЛЬТАТЫ

Для применения разработанной технологии требуется использование Microsoft Office и веб-сервисов сети Интернет.

Данная технология не предъявляет повышенных требований к быстродействию и памяти компьютера студента, или компьютеру учебного класса, а также не требует от системного администратора установки Python и всех дополнительных библиотек на компьютеры учебного класса.

С помощью разработанной технологии реализованы практические работы по моделированию динамики систем, интеллектуальному анализу данных и описанию сервисов с помощью онтологий.

А. Онтология моделей и методов

Для поиска и однозначного описания методов, применяемых в смарт-документах, применяются онтологии (OWL-DL) с использованием Web технологий в инструментальной среде построения учебных онтологий ОнтоМАСТЕР-Онтология [15].

При разработке сценариев адаптивной обработки и анализа данных используются интегрированные онтологии областей знаний и онтологии методов обработки сигналов, методов обработки изображений и методов анализа данных.

На рис.2 представлен фрагмент визуализации в виде графа онтологии моделей и методов машинного обучения.



Рис. 2. Фрагмент онтологии моделей и методов машинного обучения

Концепты онтологии содержат краткие определения, гиперссылки на описание и связанные ресурсы, в том числе ссылки на реализации методов сервисами в сети Интернет.

В. Исследование динамических систем

В примере курса дистанционного обучения в среде Moodle по моделям самоорганизующихся систем используется веб-сервис ОнтоМАСТЕР-Управление в режиме online (рис. 3).

Разработанный сервис применен при решении задачи управления хаосом в модели четырех конкурирующих видов.



Рис. 3. Пример веб-сервиса моделирования уравнений Лотки-Вольтерра (ОнтоМАСТЕР-Управление)

С. Анализ данных

Создание сценариев автоматизированной обработки многомерных пространственно-временных данных осуществляется в сетевой программной среде ОнтоМАСТЕР-Сценарий на основе стандартов семантической сети.

Результаты классификации сегментированных изображений «Image Segmentation Data Set» (UCI Machine Learning Repository) представлены на рис. 4. Применен сценарий сервиса с дополнительной автоматической подстройкой мета-параметров методов классификации. Наиболее точными оказались методы RandomForest – 97.47 % и AdaBoostM1 – 96.27 % [11].

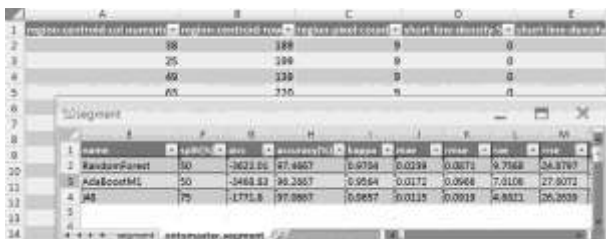


Рис. 4. Исходные данные и результат классификации набора данных «Image Segmentation Data Set» методами машинного обучения

Д. Интеллектуальный анализ данных на языке Python

Среда PythonAnywhere предоставляет возможность разрабатывать программы на языке Python в веб-браузере, а также опубликовывать сервисы в сети Интернет [16]. Среда представляет собой полнофункциональный персональный интерфейс ОС Linux с предустановленными библиотеками программ. Студентам не требуется дополнительная установка популярных пакетов обработки и анализа данных и для учебных задач предоставляется бесплатный доступ. Также предоставляется хостинг, который некоторыми авторами рекомендован в качестве практического пути для решения задач машинного обучения с использованием веб-приложений [17].

В качестве учебных примеров студенты решают задачи регрессионного, кластерного анализа и классификации с помощью различных методов.

Применение технологии смарт-документов позволяет студентам создавать в Microsoft Office отчеты об исследованиях данных с использованием простых вызовов подпрограмм и функций с именами методов машинного обучения и данными, размещенными в таблицах Excel.

На рис. 5 представлен пример решения учебной задачи построения множественной регрессии средствами встроенного пакета анализа данных Excel. Целью работы является анализ данных на примере зависимости экономического показателя (цены оборудования) от двух технических параметров (количество операций в час, время наработки на отказ в днях).

Исходные данные				
Модель	Производительность	Качество	Цена	
	x1	x2	y	
A1	120	450	4500	
A2	200	960	8000	
A3	300	145	3000	
B1	400	212	5500	
B2	500	265	5400	
B3	600	312	6500	
Предельные значения				
Мин	120	145		
Макс	600	960		
Уравнение регрессии				
	5.69	3.88	1721.33	$y=5.69 \cdot x1 + 3.88 \cdot x2 + 1721.33$
	1.26	1.41	933.33	
	0.88	768.79		$FPACT(B17;C;C17)$
	10.77	3.00		0.0427 0.9573
	12735231.29	1773102.04		

Рис. 5. Пример решения учебной задачи построения множественной регрессии средствами встроенного пакета анализа данных Excel

Затем студентам предлагается разработать программу на языке Python 3 и выполнить ее тестирование в веб-среде pythonanywhere. Работа с программой возможна либо во встроенном в таблицу браузере, либо в отдельном окне.

Затем для анализа данных с помощью разработанной программы осуществляется вызов программы VBA Excel, которая обращается к сетевой программе агента. Программный агент осуществляет загрузку таблицы исходных данных и вызов разработанного сервиса с указанием имени временного файла с данными. Результаты вычислений возвращаются и записываются агентом в таблицу Excel (рис. 6).

Полученная модель регрессии использовалась для визуализации в виде трехмерной поверхности функциональной зависимости цены оборудования от количества операций в час и времени наработки на отказ (рис. 7).

Сравнение результатов двух реализаций метода анализа данных с помощью модели множественной линейной регрессии подтверждает возможность расширения функциональности средств анализа данных сетевыми сервисами в смарт-документах и таблицах.

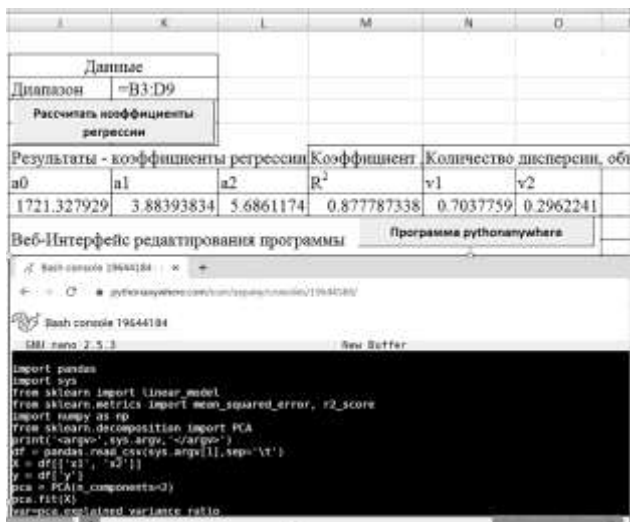


Рис. 6. Пример решения учебной задачи построения множественной регрессии средствами разработанного сервиса на языке Python 3

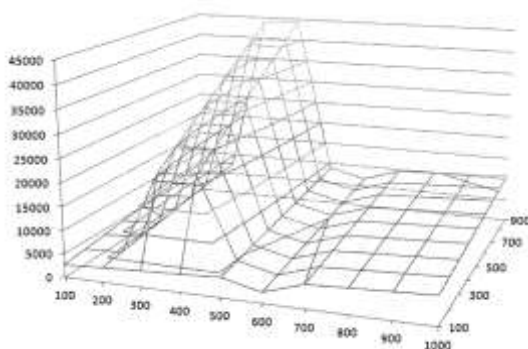


Рис. 7. Визуализация в виде 3-х мерной поверхности функциональной зависимости цены оборудования от количества операций в час и времени наработки на отказ

Также разработаны аналогичные практические работы по интеллектуальному анализу данных с применением различных методов кластерного анализа и классификации.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В докладе представлена разработанная технология смарт-документов, которая отличается активным, контекстно зависимым интерфейсом электронных документов и таблиц, а также использованием онтологий, веб-инструментов и сервисов, что позволяет повысить производительность при решении учебных и прикладных задач.

Студенты не только получают знания о методах обработки, анализа и визуализации данных, но и приобретают навыки в реализации алгоритмов и программ в инструментальной веб-среде. Использование возможности публикации разработанных программ в виде сервисов в сети Интернет позволяет студентам осуществлять совместное тестирование, обсуждение, поиск лучших решений и их использование в дальнейшем при разработке курсовых и выпускных квалификационных работ.

Применение «разумных» сред дистанционного обучения, разработанных по технологиям SLE, обещает предоставить экосистемы обучения будущего за счет использования передовых методов, моделей и новых технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Hernandez-de-Menendez M., Diaz C. A. E., Morales-Menendez R. Engineering education for smart 4.0 technology: a review // International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM). 2020. Vol. 14. No. 3. Pp. 789-803.
- [2] Kotova E.E., Korablev Y.A., Pisarev A.S., Shestopalov M.Y. Information technologies in the management of technical systems-development of the engineering education // Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing. 2021. Vol. 1864. No. 1. Pp. 1-7.
- [3] Hermann M., Pentek T., Otto B. Design principles for industrie 4.0 scenarios. // 2016 49th Hawaii international conference on system sciences (HICSS). IEEE. 2016. Pp. 3928-3937.
- [4] Agbo F.J., Oyeler S.S., Suhonen J., Tukiainen M. Scientific production and thematic breakthroughs in smart learning environments: a bibliometric analysis // Smart Learning Environments. 2021. Vol. 8. No. 1. Pp. 1-25.
- [5] Grodzki J., Ortel T. R., Tekkaya A. E. Remote and virtual labs for engineering education 4.0: achievements of the ELLI project at the TU Dortmund University // Procedia manufacturing. 2018. Vol. 26. Pp. 1349-1360.
- [6] Bangert K., Bates J., Beck S. B., Bishop Z. K., Di Benedetti M., Fullwood J., Woolley R. Remote practicals in the time of coronavirus, a multidisciplinary approach // International Journal of Mechanical Engineering Education. 2020. P. 0306419020958100.
- [7] Pertiwi C.M., Rohaeti E.E., Hidayat W. The students' mathematical problem-solving abilities, self-regulated learning, and vba microsoft word in new normal: a development of teaching materials // Infinity Journal. 2021. Vol. 10. No. 1. Pp. 17-30.
- [8] Bernard M., Sumarna A., Rolina R., Akbar P. Development of high school student work sheets using VBA for microsoft word trigonometry materials // Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2019. Vol. 1315. No. 1. Pp. 1-9.
- [9] Yang S., Wei R. Semantic Interoperability Through a Novel Cross-Context Tabular Document Representation Approach for Smart Cities. IEEE Access. 2020. Vol. 8. Pp. 70676-70692.
- [10] Leitao P., Karnouskos S., Ribeiro L., Lee J., Strasser T., Colombo A. W. Smart agents in industrial cyber-physical systems // Proceedings of the IEEE. 2016. Vol. 104. No. 5. Pp. 1086-1101.
- [11] Pisarev I.A., Kotova E.E., Pisarev A.S., Stash N.V. Development of scenarios for automatic processing and data mining in a multi-agent environment. Proceedings of the 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, ElConRus 2019. 2019. Pp. 630-633.
- [12] Bardram J.E., Jeuris S., Houben S. Activity-based computing: computational management of activities reflecting human intention // Ai Magazine. 2015. Vol. 36. No. 2. Pp. 63-72.
- [13] Dey A.K. Understanding and using context // Personal and ubiquitous computing. 2001. Vol. 5. No. 1. Pp. 4-7.
- [14] Benz Müller C., Lomfeld B. Reasonable machines: A research manifesto. German Conference on Artificial Intelligence (Künstliche Intelligenz). Springer, Cham. 2020. Pp. 251-258.
- [15] Котова Е.Е., Писарев И.А. Представление знаний средствами онтологий в учебном процессе // Материалы конференции "Информационные технологии в управлении" (ИТУ-2014). 2014. С. 774-779.
- [16] Reingart M., Rocha B.C., Lundell J., Mulone P.M., Comitini M., Gordon R., Pierro M.D. Web2Py. Application Development Cookbook. Packt Publishing. 2012. 364 P.
- [17] Raschka S., Mirjalili V. Python Machine Learning: Machine Learning and Deep Learning with Python, scikit-learn, and TensorFlow 2. Packt Publishing. 2019. 770 P.