



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.89

## СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ АППАРАТНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ РАЗВЕРТЫВАЕМЫХ CRM СИСТЕМ НА БАЗЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

**Жарков А.П.**

Филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске, Россия, (214013, г. Смоленск, Энергетический проезд, 1), e-mail: [antonzharckov@yandex.ru](mailto:antonzharckov@yandex.ru)

Существующие программные решения управления IT-проектами основаны на централизованных CRM системах. Основная проблема, выделяемая в реализации существующих CRM систем – неэффективное использование программно-аппаратных ресурсов при развёртке CRM. Для решения рассматриваемой проблемы предлагается разработать программное обеспечение на базе нейронных сетей глубокого обучения для осуществления предиктивного анализа доступных ресурсов с целью оптимизации системного программного обеспечения для повышения стабильности.

Ключевые слова: crm системы, управление проектами, нейронные сети, глубокое обучение, оптимизация процессов.

## THE LOAD DISTRIBUTION SYSTEM OF THE HARDWARE AND COMPUTING RESOURCES OF DEPLOYED CRM SYSTEMS BASED ON NEURAL DEEP LEARNING

**Zharckov A.P.**

Smolensk Branch of the National Research University “Moscow Power Engineering Institute”, Smolensk, Russia (214013, Smolensk, Energeticheskyy proezd, 1), e-mail: [antonzharckov@yandex.ru](mailto:antonzharckov@yandex.ru)

Existing IT project management software solutions are based on centralized CRM systems. The main problem highlighted in the implementation of existing CRM systems is the inefficient use of software and hardware resources in the deployment of CRM. To address this problem, it is proposed to develop software based on neural networks of deep learning to carry out predictive analysis of available resources in order to optimize system software to improve stability.

Keywords: crm systems, project management, neural networks deep learning, optimization processes.

В основе грамотной реализации подхода управления IT-проектами заложен принцип создания иерархической системы централизованного распределения ресурсов организации, направленных на создание и продвижение различных сервисов и услуг. Для решения рассматриваемой проблемы на данный момент существуют различные прикладные программные решения, именуемые как Customer Relationship Management – CRM [1 – 2]. CRM система предлагает функциональные возможности по управлению персоналом и бизнес-логикой целевой организации. В данную систему включаются прикладные функциональные

компоненты, направленные на рост уровня продаж, организацию эффективности маркетинговых процессов с целью улучшения бизнес-процессов и предоставления аналитической информации административному сегменту. Немаловажной особенностью таких продуктов является процесс корректной конфигурации оборудования на программном и аппаратном уровнях для дальнейшего исключения возможности отказа системы. Рассматривая популярные серверные CRM-системы можно сказать, что функционал реализации почтового и файлового сервера, а также корпоративных мессенджеров требует значительных затрат аппаратных ресурсов ПК или сервера.

В результате вышеприведённых факторов представляется возможным выделить приоритетную проблему централизованного распределения аппаратных ресурсов устройства, на котором осуществляется развёртка CRM системы. В качестве побочной проблемы возможно выделить естественные процессы развития и расширения организации, и как следствие сделать вывод, что рост клиентов увеличивает затраты аппаратных ресурсов. Существующие на рынке решения в большей степени являются неэффективными ввиду работы напрямую с общими параметрами системы, реализуя процесс оптимизации потребления ресурсов. Альтернативным подходом к решению рассматриваемой проблемы является возможность развёртки CRM системы на высокопроизводительном сервере, при этом снижается коэффициент рентабельного расхода экономических ресурсов предприятия. Таким образом можно сказать, что на данный момент не существует прикладных программных решений, направленных на решение проблемы оптимизации и централизованного распределения ресурсов, что делает рассматриваемую проблему актуальной.

Для решения рассматриваемой проблемы было разработано программное обеспечение, направленное на оптимизацию расхода ресурсов. В основе предлагаемого решения используется метод предиктивного анализа доступных ресурсов и системы принятия решений на основе нечёткой логики. В качестве рассматриваемой нейронной сети использовалась двунаправленная рекуррентная нейронная сеть (BRNN), позволяющая на основе использования статических и динамических последовательностей выполнять предиктивный анализ моментов возникновения ошибок из-за превышения коэффициента использования доступных ресурсов [3 – 4].

На первоначальном этапе планирования были выделены основные модули разрабатываемого программного обеспечения. В качестве основного языка программирования используется язык C++ с совместной интеграцией модулей на базе языке программирования Python [5 – 6]. Так, реализуемый подход позволяет использовать фактор мультиплатформенности и в дальнейшем адаптировать программный продукт для работы с вариативными операционными системами. Представленный алгоритм на рисунке 1 представляет общий принцип взаимодействия модулей разрабатываемого ПО. Для удобства отладки использовался принцип модульного разделения.

- Модуль «идентификация входных параметров» идентифицируется как модуль сбора данных количества доступных и используемых аппаратно-зависимых ресурсов для выполнения последующей оптимизации работы операционной системы.
- Модуль «уточнение специфичных параметров работы системы». Используется для извлечения прикладных параметров системы, которые могут оказать значительное влияние на работоспособность CRM системы в процессе её эксплуатации.

- Модуль «предиктивная оптимизация на базе нейронной сети». Предполагает использование нейронной сети для оптимизации работы процессов системы и повышения эффективности.
- Модуль «система принятия решений на базе нечеткой логики». Для вывода и подведения обещающих результатов используется программная реализация методов нечеткой логики для аналитического сравнения и вывода исходов возможных ситуаций некорректной работы аппаратных ресурсов в режиме повышенной нагрузки. В качестве основных настраиваемых параметров пользователю предлагается возможность указания принудительной обработки в случае, если завершение системных процессов не представляется возможным.

На этапе работы модуля идентификации входных параметров выполняется анализ доступных процессов в ОС и их распределения по приоритету. При этом учитываются системные процессы CRM системы – например, если специфичная CRM система работает на базе веб-сервера с использованием как прикладных пакетов реализации веб-серверов apache, nginx, то подпроцессы работы веб-сервера также представляют исключения для дальнейшей выгрузки.

Модуль уточнения специфичных параметров работы системы осуществляет выборку процессов с наивысшим приоритетом и соответствующим процентом потребления аппаратных ресурсов единичного экземпляра. Помимо прочего, модуль выполняет снимки текущего состояния сервера в вариативные моменты времени для корректной работоспособности модуля принятия решений.

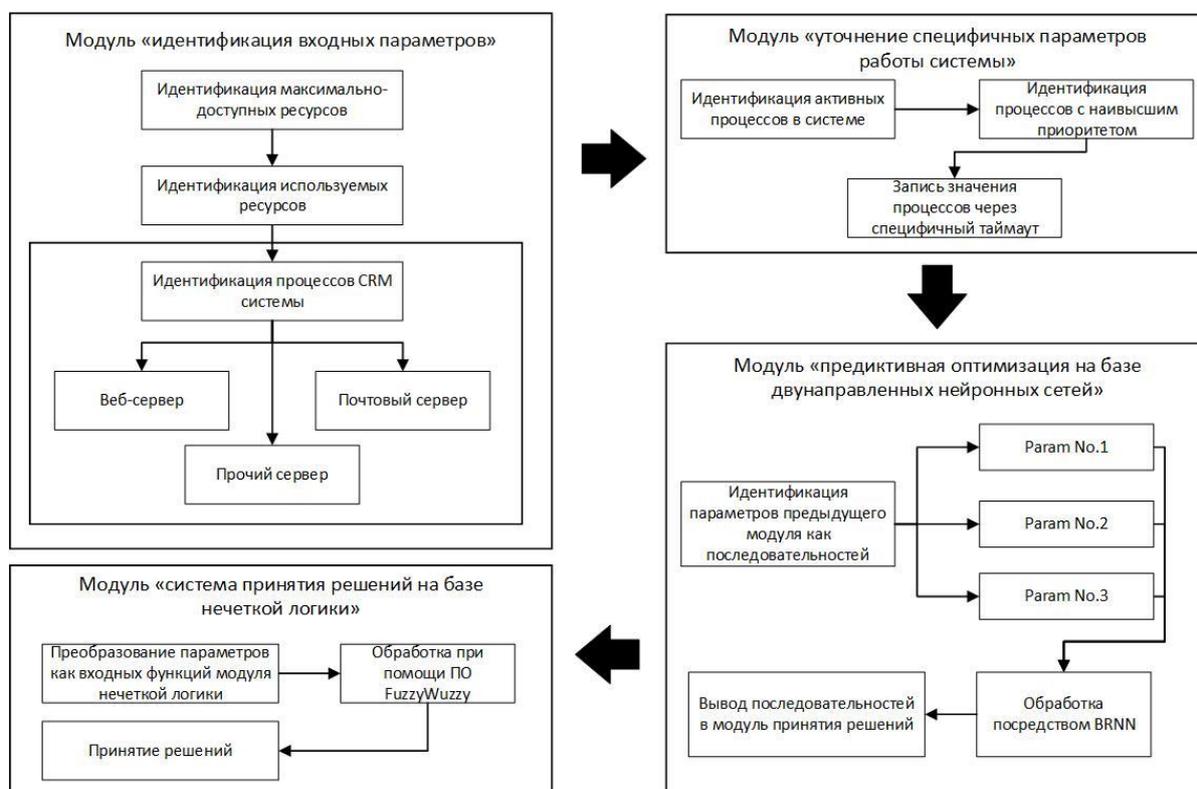


Рисунок 1 – Общий алгоритм взаимодействия разработанного программного обеспечения

Реализация программного модуля предиктивной оптимизации осуществляется на базе двунаправленных рекуррентных нейронных сетей (Bidirectional Neural Network - BRNN). Основной особенностью, выделяемой в рассматриваемой нейронной сети – возможность анализа последовательностей для идентификации дальнейшего поведения. В качестве основных параметров, выступающих входными слоями нейронной сети можно выделить статические последовательности доступной оперативной памяти, места на физическом носителе, а также последовательности, интерпретируемые в результате работы первого модуля [7]. Алгоритмический аспект реализации BRNN основан на подаче входных векторов в нескольких направлениях:

- в первом варианте на вход подаются параметры в виде стандартных слоёв рекуррентной нейронной сети;
- во втором варианте используется реверсивная подача входных последовательностей.

На следующем этапе выполняется слияние векторов в единичный экземпляр с учётом временного шага, и за счёт этого пользователю предоставляется возможность получения значений в различные промежутки времени. В качестве приоритетных векторов на вход представляются значения фазсификатора ( $x_i$ ), выходным же вектором для каждого слоя нейронной сети является вектор ( $y_i$ ). В качестве обучающих образцов на вход нейронной сети представляются вектора последовательностей с типом float. Первый слой, являющийся «стандартным» слоем в программной реализации, подается с отключенным параметром `bidirectional`, при этом второй слой является двунаправленным, то есть параметр `bidirectional` принимает значение `true`.

Программная реализация рассматриваемого модуля выполняется на основе библиотеки нейронной сети PyTorch [8]. В результате на начальном этапе подключается GRU слой, и затем, после инициализации и выполнения вычислений, выполняется процесс вычисления реверсивной последовательности (параметр `bidirectional` использует значение `false`). На предпоследнем этапе выполняется анализ сходимости весов последовательных и реверсивных слоёв нейронной сети на статичном шаге параметра  $t$ . В качестве обучающих образцов используются динамические и статические параметры системы, представляемые массивом вида «3.544, 124.32, False». Так, в результате работы нейронного модуля возможно определить предиктивное значение параметра системы, например, количество используемой оперативной памяти через интервал  $t$ .

Для аналитического сравнения выходных векторов используется уточнение за счёт программной реализации библиотеки Python – FuzzyWuzzy [9]. Рассматриваемая библиотека предоставляет возможность гибкого сравнения последовательностей с последующим выводом результатов в процентном соотношении. В результате анализа функциональных возможностей использовалась функция токена на сравнения. Как представлено на рисунке 4, на вход нечёткого модуля подаются исходные данные (`m_based`) и предиктивные (`m_out_neural`), и как вследствие на выходе нейронного модуля представляется возможным вывести отклонения от базовой последовательности.

```
Python 3.9.1 (default, Dec  8 2020, 07:51:42)
[GCC 10.2.0] on linux
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
>>> from fuzzywuzzy import fuzz
>>> from fuzzywuzzy import process
>>> m_out_neural = ["7.98657", "6.2353426", "3.462464"]
>>> m_based = "7.99664"
>>> process.extract(m_based, m_out_neural)
[('7.98657', 57), ('3.462464', 53), ('6.2353426', 25)]
>>>
```

Рисунок 2 - Программная реализация работы модуля нечеткой логики

На завершающем этапе выполняется работа модуля принятия решений, при этом представляется возможным контролировать активность процессов от процента уменьшения или увеличения отклонений.

Таким образом, в результате разработки программного продукта можно сказать, что внедрение методов работы с последовательностями на основе нейронных сетей глубокого обучения позволяет оптимизировать работу прикладных процессов в сфере деятельности по управлению проектами.

### Список литературы

1. Helgeson L. CRM For Dummies. 1st ed. United States: For Dummies, 2017. 368 p.
2. Williams D S. Connected CRM: Implementing a Data-Driven, Customer-Centric Business Strategy. 1st ed. Hoboken: Wiley, 2014. 256p.
3. Himansu D., Chittaranjan P., Nilanjan Deep Learning for Data Analytics: Foundations, Biomedical Applications, and Challenges. 1st ed. Cambridge: Academic Press, 2020. 218 p.
4. Simeon K. Recurrent Neural Networks with Python Quick Start Guide: Sequential learning and language modeling with TensorFlow. Birmingham: Packt Publishing, 2018. 122 p.
5. Andrist B., Sehr V., Garney B. C++ High Performance: Master the art of optimizing the functioning of your C++ code. 2nd ed. Birmingham: Packt Publishing, 2020. 540 p.
6. Paul D., Harvey D. Intro to Python for Computer Science and Data Science: Learning to Program with AI, Big Data and The Cloud. 1st ed. New York: Pearson, 2019. 880 p.
7. Lindigrin A.N. Iskusstvennye nejronnye seti kak osnova glubinnogo obuchenija // Izvestija TulGU. Tehnicheskie nauki. 2019. №12. PP 468-472. (In Russian)

### References

1. Helgeson L. CRM For Dummies. 1st ed. United States: For Dummies, 2017. 368 p.
2. Williams D S. Connected CRM: Implementing a Data-Driven, Customer-Centric Business Strategy. 1st ed. Hoboken: Wiley, 2014. 256p.
3. Himansu D., Chittaranjan P., Nilanjan Deep Learning for Data Analytics: Foundations, Biomedical Applications, and Challenges. 1st ed. Cambridge: Academic Press, 2020. 218 p.
4. Simeon K. Recurrent Neural Networks with Python Quick Start Guide: Sequential learning and language modeling with TensorFlow. Birmingham: Packt Publishing, 2018. 122 p.
5. Andrist B., Sehr V., Garney B. C++ High Performance: Master the art of optimizing the functioning of your C++ code. 2nd ed. Birmingham: Packt Publishing, 2020. 540 p.

6. Paul D., Harvey D. Intro to Python for Computer Science and Data Science: Learning to Program with AI, Big Data and The Cloud. 1st ed. New York: Pearson, 2019. 880 p.
  7. Lindigrin A.N. Iskusstvennye nejronnye seti kak osnova glubinnogo obucheniija // Izvestija TulGU. Tehnicheskie nauki. 2019. №12. PP 468-472. (In Russian)
-