



VII Международная научная конференция

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ



Казань

УДК 62(01)

ББК 30

Т38

Главный редактор: *И. Г. Ахметов*

Редакционная коллегия сборника:

М. Н. Ахметова, Ю. В. Иванова, А. В. Каленский, В. А. Куташов, К. С. Лактионов, Н. М. Сараева, Т. К. Абдрасилов, О. А. Авдеюк, О. Т. Айдаров, Т. И. Алиева, В. В. Ахметова, Э. А. Бердиев, В. С. Брезгин, О. Е. Данилов, А. В. Дёмин, К. В. Дядюн, К. В. Желнова, Т. П. Жуйкова, Х. О. Жураев, М. А. Игнатова, Р. М. Искаков, И. Б. Кайгородов, К. К. Калдыбай, А. А. Кенесов, В. В. Коварда, М. Г. Комогорцев, А. В. Котляров, А. Н. Кошербаева, В. М. Кузьмина, К. И. Курпаяниди, С. А. Кучерявенко, Е. В. Лескова, И. А. Макеева, Е. В. Матвиенко, Т. В. Матроскина, М. С. Матусевич, У. А. Мусаева, М. О. Насимов, Б. Ж. Паридинова, Г. Б. Прончев, А. М. Семахин, А. Э. Сенцов, Н. С. Сенюшкин, Д. Н. Султанова, Е. И. Титова, И. Г. Ткаченко, М. С. Федорова, С. Ф. Фозилов, А. С. Яхина, С. Н. Ячинова

Международный редакционный совет:

З. Г. Айрян (Армения), П. Л. Арошидзе (Грузия), З. В. Атаев (Россия), К. М. Ахмеденов (Казахстан), Б. Б. Бидова (Россия), В. В. Борисов (Украина), Буриев Х. Ч. (Узбекистан) Г. Ц. Велковска (Болгария), Т. Гайич (Сербия), А. Данатаров (Туркменистан), А. М. Данилов (Россия), А. А. Демидов (Россия), З. Р. Досманбетова (Казахстан), А. М. Ешиев (Кыргызстан), С. П. Жолдошев (Кыргызстан), Н. С. Игисинов (Казахстан), Искаков Р. М. (Казахстан), К. Б. Кадыров (Узбекистан), И. Б. Кайгородов (Бразилия), А. В. Каленский (Россия), О. А. Козырева (Россия), Е. П. Колпак (Россия), А. Н. Кошербаева (Казахстан), К. И. Курпаяниди (Узбекистан), В. А. Куташов (Россия), Кыят Э. Л. (Турция), Лю Цзюань (Китай), Л. В. Малес (Украина), М. А. Нагервадзе (Грузия), Ф. А. Нурмамедли (Азербайджан), Н. Я. Прокопьев (Россия), М. А. Прокофьева (Казахстан), Р. Ю. Рахматуллин (Россия), М. Б. Ребезов (Россия), Ю. Г. Сорока (Украина), Г. Н. Узаков (Узбекистан), М. С. Федорова (Россия), Н. Х. Хоналиев (Таджикистан), А. Хоссейни (Иран), А. К. Шарипов (Казахстан), З. Н. Шуклина (Россия)

Технические науки: проблемы и перспективы : VII Междунар. науч. конф. (г. Казань, июль 2020 г.) / [под ред. И. Г. Ахметова и др.]. — Казань : Молодой ученый, 2020. — iv, 46 с.

ISBN 978-5-905483-81-3.

В сборнике представлены материалы VII Международной научной конференции «Технические науки: проблемы и перспективы». Предназначен для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов технических специальностей, а также для широкого круга читателей.

УДК 62(01)

ББК 30

ISBN 978-5-905483-81-3

© Оформление. ООО «Издательство Молодой ученый», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА

Дагаев А. В., Сорокин А. А.

Обслуживание систем со стратегией последовательных восстановлений после отказов. 1

Налбандян Э. Г.

Математические модели и программные средства при формировании цифровой среды университета 13

Сарапкин В. Н.

Влияние информационных систем управления машиностроительным предприятием на процессные инновации в контексте стандарта ISA-95 . . 18

Сорокин А. А., Коваленко Р. А., Яковлева Е. А.

Роевой интеллект и групповая робототехника в решении различных задач 23

МЕТАЛЛУРГИЯ

Шмарин Д. С., Карпов А. В.

Сравнительный анализ методов брикетирования железорудного сырья . . 31

Карпов А. В.

Результаты применения брикетов в доменной печи малого объёма. 34

ТРАНСПОРТ

Рыжов Т. А., Воробьёв И. В.

Методика определения оптимального количества мест для прохождения шиноремонтных работ и их местоположения для каршеринговой компании «Делимобиль» (на примере парка автомобилей в Москве) 38

ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА

Обслуживание систем со стратегией последовательных восстановлений после отказов

Дагаев Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент;
Сорокин Алексей Андреевич, старший преподаватель
Ивангородский гуманитарно-технический институт (филиал) Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения

В статье рассмотрен вопрос моделирование стратегий функционирования. Приведены требования к моделированию данных стратегий. Кратко изложена основная последовательность действий при моделировании. Приведен пример построения программы, реализующей данную последовательность. Сделан общий вывод по возможностям применения конечного результат.

Ключевые слова: обслуживание систем, стратегии функционирования, коэффициент готовности, отказ, восстановление.

Развитие информационных технологий приводит к возможности моделировать работу любых систем. Это относится к высоконадежному оборудованию, которое используется во сферах деятельности, энергетическим установкам, авиационной и космической технике. Моделирование позволяет анализировать характеристики систем. Имитация может быть использована и для моделирования систем с различными стратегиями обслуживания. Основная задача данной статьи — показать общие этапы проектирования системы для моделирования элементов со стратегиями отказа и восстановления.

Описание стратегии функционирования

Модель учитывает наличие встроенного контроля с мгновенной фиксацией отказов в системе и ее полное восстановление в случае отказа. Контроль работоспособности осуществляется в системе постоянно. В случае отказа система останавливается и находится в неработоспособном состоянии до момента восстановления. Рассмотрим стратегию функционирования более подробно.

Считается, что в начальный момент времени $t_0 = 0$ система находится в рабочем состоянии поэтому коэффициент готовности системы в этой точке равен единице. Система функционирует до момента отказа (ξ_i), после чего проводится аварийное восстановление, которое длится промежуток времени $\eta_{i,fr}$. После восстановления – $\tau_{i,r}$ – система продолжает свою работу до очередного момента отказа, далее происходит восстановление и переход в работоспособное состояние. Такой цикл повторяется до выбранного момента времени t . Представленная стратегия отображена на рис.1.

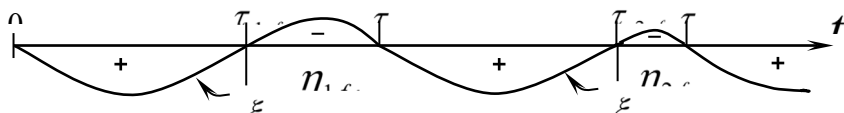


Рис. 1. Стратегия системы со встроенным контролем

Рассмотрим обозначения, используемые в этой модели: ‘+’ и ‘-’ характеризуют рабочее и нерабочее состояние системы; ξ_i – период i -ой наработки до отказа; $\eta_{i,fr}$ – длительность проведения i -го аварийного восстановления. Величины $\tau_{i,f}$ и $\tau_{i,r}$ обозначают интервалы времени от начала работы системы до i -го отказа и i -го восстановления соответственно. Их можно представить в виде сумм других случайных величин, т. е.:

$$\left\{ \begin{array}{l} \tau_{0,r} = 0; \\ \tau_{1,f} = \xi_1 \\ \tau_{1,r} = \xi_1 + \eta_{fr} \end{array} \right\}; \left\{ \begin{array}{l} \tau_{2,f} = \tau_{1,r} + \xi_2 \\ \tau_{2,r} = \tau_{1,r} + \xi_2 + \eta_{fr} \end{array} \right\};$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \tau_{i,f} = \tau_{i-1,r} + \xi_i \\ \tau_{i,r} = \tau_{i-1,r} + \xi_i + \eta_{fr} \end{array} \right.$$

Опишем состояние системы с представленной стратегией обслуживания в случайный момент процессом $y(t)$, который принимает три значения

$$y(t) = \begin{cases} E_0, & \text{если система в момент времени } t \text{ работает} \\ E_1, & \text{если система в момент времени } t \text{ восстанавливается} \end{cases}$$

Диаграмма переходов процесса $y(t)$ представлена на рис. 2.

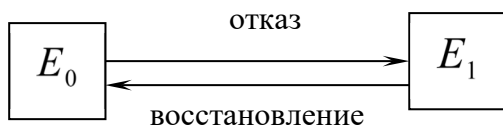


Рис. 2. Диаграмма переходов процесса

Описание процесса моделирования

Для моделирования времени отказа и восстановления использовались случайные величины, распределенные по нормальному закону и экспоненциальному закону. При моделировании случайных величин использовалось преобразование Бокса — Мюллера. Данный метод позволяет моделировать стандартные нормально распределенные величины. Метод является точным, в отличие, например, от методов, основывающихся на центральной предельной теореме. Метод имеет два варианта реализации. Нами был выбран второй вариант данного преобразования, который позволяет получить пару независимых нормально распределенных случайных величин с математическим ожиданием 0 и дисперсией 1 следующим образом:

$$Z_0 = u \cdot \sqrt{\frac{-2 \ln s}{s}}$$

$$Z_1 = v \cdot \sqrt{\frac{-2 \ln s}{s}}$$

где z_0 и z_1 — искомые значения, $s = u^2 + v^2$, а u и v — равномерно распределенные на отрезке $(-1, 1)$ случайные величины, подобранные таким образом, чтобы выполнялось условие $0 < s < 1$. Далее происходит переход к общему нормальному распределению по формуле:

$$\varepsilon = \mu + \sigma z$$

где μ — математическое ожидание, σ — стандартное отклонение. Сложность данного варианта равна $O(n)$. Далее представим пример реализации

случайных величин, на рис. 3 приведен пример плотности нормального распределения.

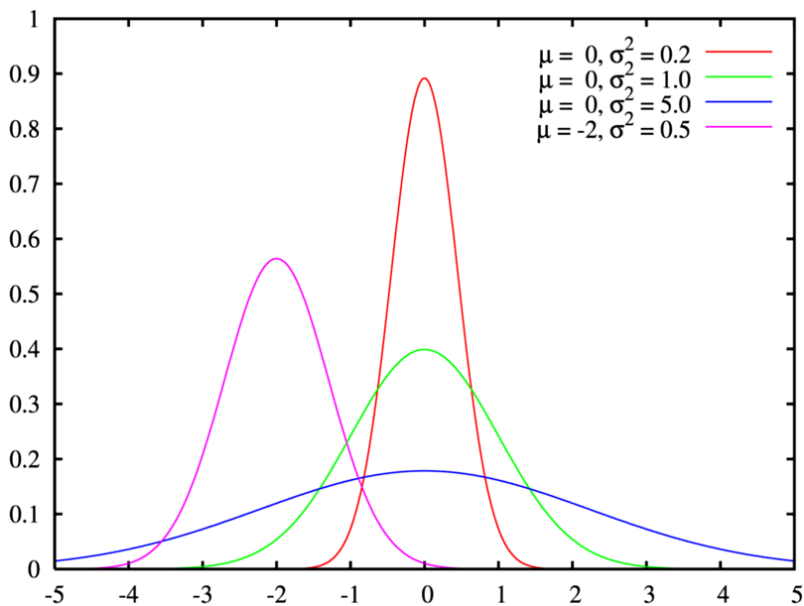


Рис. 3. Пример плотности нормального распределения

Сравним его с табличным методом генерации нормально распределенных чисел. Данный метод состоит из того, что: нормальное число можно взять из справочника в таблице функции Лапласа и получить случайное число по методу взятия обратной функции: $x = F^{-1}(r)$, где F — интегральная функция Лапласа. Технически это означает, что надо разыграть случайное равномерно распределенное число r из интервала $[0; 1]$ стандартным ГСЧ, найти равное ему число в таблице значений функции Лапласа в столбце F и по строке определить случайную величину x , соответствующую этому числу. Недостатком метода является необходимость хранения в памяти компьютера всей таблицы чисел функции Лапласа. Поэтому преобразование Мюллера будет менее затратным, а скорость будет выше.

Далее представим моделирование экспоненциального распределения с помощью метода обратной функции. Функция плотности $f(t)$ экспоненциального

распределения случайной величины и функция распределения $F(t)$ задаются формулами:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}, F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

где λ — параметр экспоненциального распределения, имеющий размерность c^{-1} . Обращая функцию $F(t)$, найдем t :

$$t = -\frac{1}{\lambda} \ln(1 - R)$$

Известно, что функция случайной величины R имеет такое же распределение, что и сама случайная величина R . Поэтому формулу выше представим в виде:

$$t_i = -\frac{1}{\lambda} \ln_{n(R_i)}, i = 1, N$$

Сложность данного алгоритма $O(N)$. [1]

Пример плотности экспоненциального распределения (см. рис. 4).

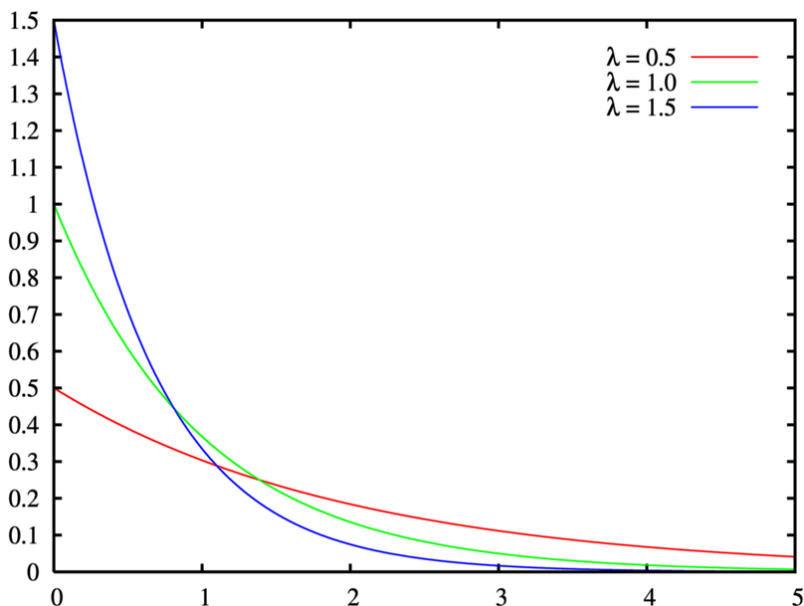


Рис. 4. Пример плотности экспоненциального распределения

Сравним его с методом кусочной аппроксимации. Данный метод состоит из того, что: выбрать вероятности попадания во все интервалы (a_m, a_{m+1}) одинаковыми ($P_m = 1/n$), а число n таким, что $n = 2^N$, где N — целое число, меньше или равное количеству двоичных разрядов чисел, вырабатываемых датчиком случайных чисел. В этом случае величины a_m должны быть выбраны такими, чтобы

$$\int_{a_m}^{a_{m+1}} \varphi(y) dy = \frac{1}{n} = 2^{-N}$$

При равенстве вероятностей P_m для случайного выбора индекса m можно использовать первые N разрядов числа, извлекаемого из датчика равномерно распределенных случайных чисел. Используя рассмотренный прием, приходим к следующему способу преобразования равномерно распределенных случайных чисел в случайные числа с заданным законом распределения.

Из датчика равномерно распределенных в интервале $(0, 1)$ случайных чисел извлекается пара реализаций ${}^k x_1, {}^k x_2$. Первые $N = \log_2 n$ разрядов числа ${}^k x_1$ используются для нахождения адресов ячеек, в которых хранятся величины a_m и a_{m+1} , а затем по формуле

$${}^k y = a_m + {}^k x_2 (a_{m+1} - a_m)$$

получается реализация k_y случайной величины u с заданным законом распределения. Такой алгоритм является довольно экономичным по количеству требуемых операций, которое не зависит от числа n , т. е. не зависит от точности кусочной аппроксимации. Однако с увеличением точности аппроксимации возрастает количество ячеек памяти, требуемое для хранения величин a_m , $n = \overline{0, n}$, что является недостатком рассмотренного метода, в особенности при больших n . Поэтому метод обратной функции более предпочтителен, нежели метод кусочной аппроксимации, так же метод обратной функции очень широко применяется. [2]

Расчет коэффициента готовности

Коэффициент готовности — это вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается. Формула расчета неасимптотического коэффициента готовности системы с текущей стратегией обслуживания записывается в следующем виде:

$$K(t) = [1 - F_{\xi}(t)] + \int_0^t f_{\eta_{fr}}(x) \int_0^{t-x} f_{\xi}(y) K(t-x-y) dy dx \quad (1)$$

Асимптотический коэффициент готовности для представленной стратегии представлен в формуле 2.

$$K_G = \frac{T_{cp}}{T_{cp} + T_B}, \quad (2)$$

где T_{cp} — средняя наработка между отказами, T_B — среднее время до восстановления. [3] [4]

Пример расчета

Возьмем исходные данные такие: за отказ — экспоненциальное распределение, для восстановления — нормальное распределение. За математическое ожидание возьмем значение равное 100 часов, за среднеквадратичное отклонение возьмем значение равное 10 часов, за лямбду возьмем значение равное 1 часу, за время моделирования возьмем 10000 часов, а количество итераций равным 100000.

Шаг 1. Сначала происходит моделирование отказа — восстановления. Отказ моделируется экспоненциальным распределением с помощью метода обратной функции, восстановление моделируется нормальным распределением с помощью преобразования Бокса-Мюллера. Данное моделирование происходит для 100000 итераций в течении 10000 часов для каждой итерации с шагом в 1 час (т. е. происходит сбор статистики). Для всех 100000 итераций создается один список.

Шаг 2. Считывается состояния и времена из списка states, а после происходит подсчет среднего времени восстановления и среднего времени отказа, то есть суммируется время до первого отказа и суммируется время самого отказа соответственно, а после рассчитывается коэффициент готовности по формуле 1. Результаты коэффициента готовности записываются в специальный список. Далее рассчитывается один из коэффициентов готовности по формуле 1

в любой момент времени t , к примеру, среднее время между отказами равно 150, а среднее время до восстановления 120 часов:

$$K_r = \frac{150}{150 + 120} = \frac{150}{270} \approx 0,56 \text{ — коэффициент готовности}$$

Шаг 3. Далее считаются результаты и происходит построение графика. График строится в соотношении [время; коэффициент готовности] (см. рис. 5).

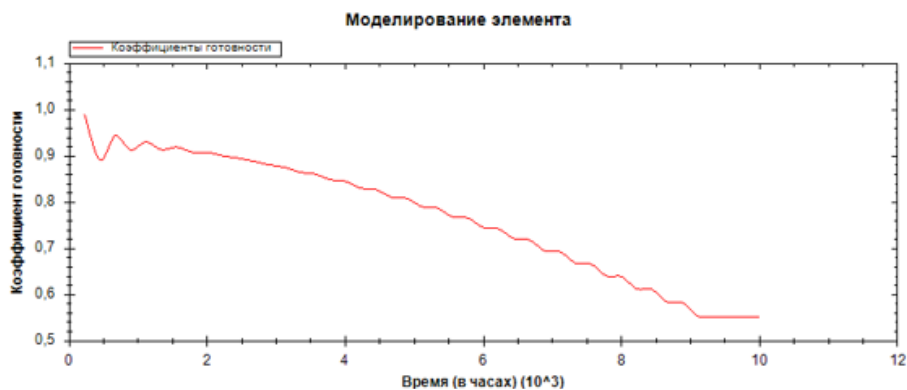


Рис. 5. Пример построенного графика

Шаг 4. Далее результаты моделирования экспортируются для дальнейшей обработки.

Результаты моделирования

Для апробации был разработан программный продукт (рис. 6) с экспортом данных файл электронных таблиц. При тестировании в качестве времени отказа было взято экспоненциальное распределение, для времени восстановления — нормальное распределение. Математическое ожидание было принято равное 100 часов, за среднеквадратичное отклонение возьмем значение равное 10 часов, обратную величину к интенсивности отказов ($T_{ср}$) возьмем равным 1 часу. Время моделирования примем равным 10000 часам, а количество итераций равным 100000. В ходе проведенных расчетов были получены результаты представленные на рис. 5–8.

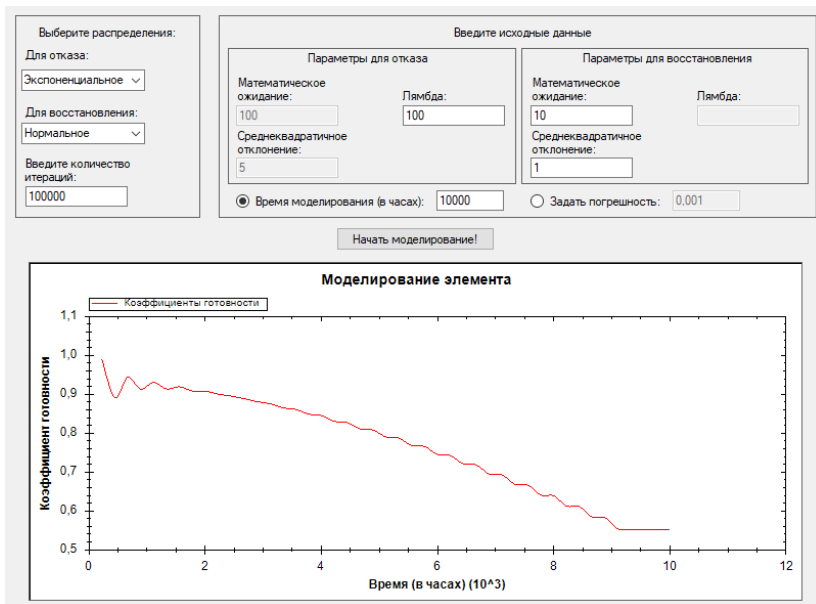


Рис. 6. Результат моделирования



Рис. 7. Нормальное распределение

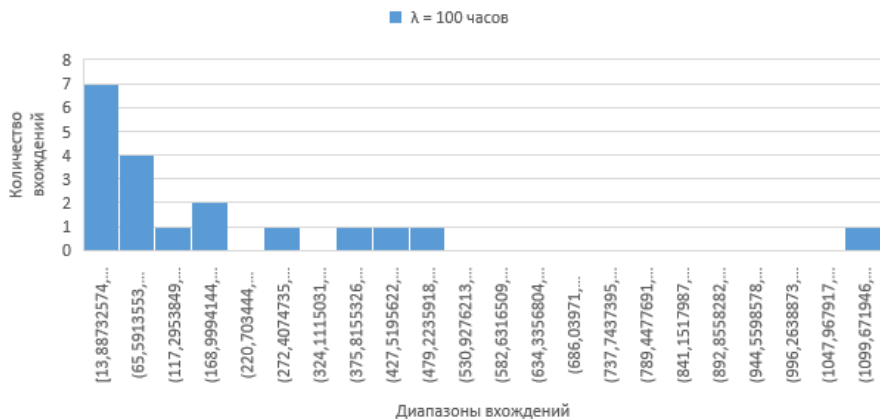


Рис. 8. Экспоненциальное распределение

Таким образом, видно, что при длительной работе системы, ее неасимптотический коэффициент готовности стремится к асимптотическому коэффициенту, который примерно равен 0,553.

Приведем пример с нормальным законом распределения времени отказа. Математическое ожидание времени отказа возьмем равным 100 часам, среднеквадратичное отклонение возьмем равным 5 часов. Математическое ожидание для восстановления возьмем равным 5 часов, среднеквадратичное отклонение возьмем значение равное 1 часу, время моделирования возьмем равным 10000 часам, а количество итераций примем 100000. В результате расчетов был получен график представленный на рис.9.

Таким образом, асимптотика началась после 5000 часов, асимптотический коэффициент готовности равен примерно 0,952. Хотя на практике восстановление редко может носить экспоненциальный характер, но теоретически это возможно. Рассмотрим вариант с экспоненциальным распределением времени отказа и восстановления. Среднее время до отказа возьмем 100 часов. Среднее время восстановления возьмем значение 10 часов, время моделирования примем 100000 часов, а количество итераций равным 100000. В результате были получены результаты моделирования представленные на рис.10.

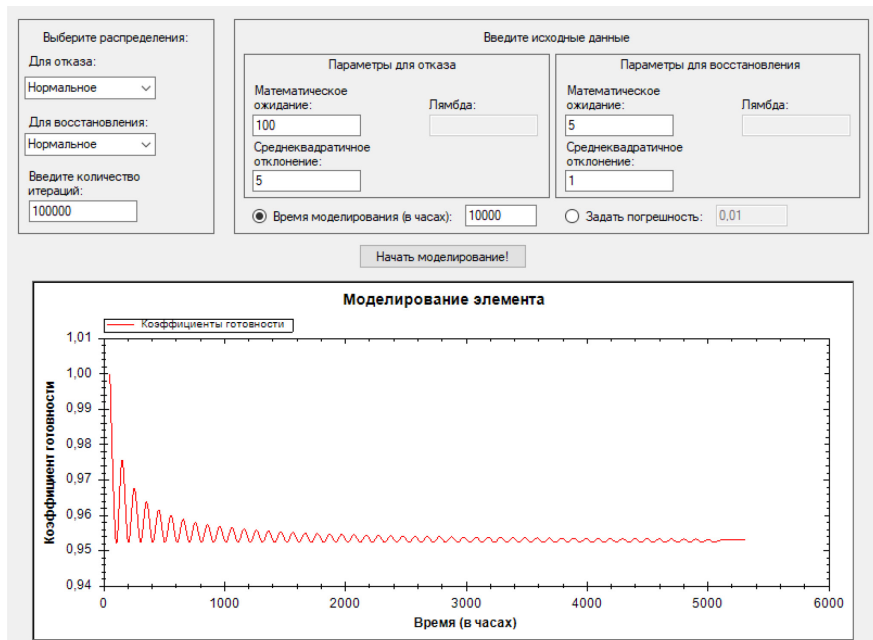


Рис. 9. Моделирование с нормальным распределением времени отказа и восстановления

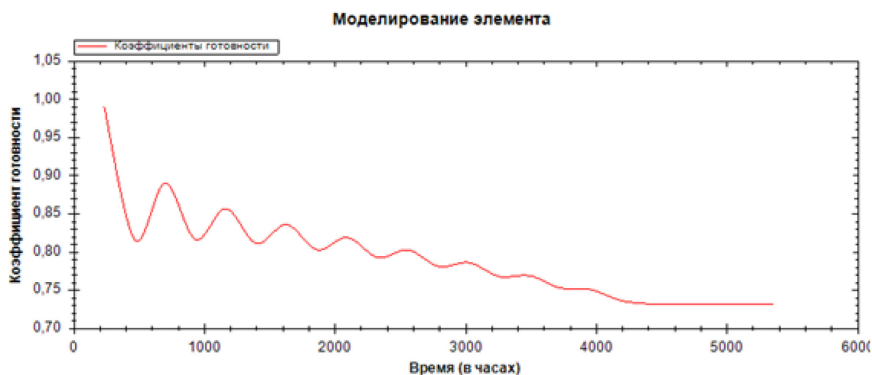


Рис. 10. Моделирование с экспоненциальным распределением времени отказа и восстановления

Таким образом, коэффициент готовности равен примерно 0,74. Поведение коэффициента готовности, полученного имитационным моделированием, подтверждается расчетом, проведенным по аналитической модели, так приведем пример расчета по формуле 1. Параметры закона распределения приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Параметры законов распределения

Математическое ожидание нар-ки до отказа	Среднее квадратическое отклонение наработки до отказа	Математическое ожидание аварийного восстановления	Среднее квадратическое отклонение аварийного восстановления
0.4	0.1	0.1	0.02

Заключение

В результате проведенной работы были получены следующие результаты:

— Рассмотрены методы моделирования случайных величин, выполнено моделирование случайных величин, распределенных по нормальному и экспоненциальному закону.

— Описана модель обслуживания системы со стратегией последовательных восстановлений после отказов.

— Разработана имитационная модель позволяющая рассчитывать коэффициент готовности с требуемой точностью. Следует отметить, что точность в пятом знаке после запятой требует около часа времени работы современного компьютера. Правильность моделирования подтверждена расчетами, полученными для аналитической модели, описывающей данную стратегию работы системы.

— Отмечено, что неасимптотический коэффициент готовности стремится к асимптотическому тем быстрее, чем меньше время отказа системы, а также при экспоненциальном законе распределения.

Результаты работы могут быть использованы для расчета характеристик надежности сложных структур, в качестве модели отдельного элемента системы.

Литература:

1. Черткова, Е. А. Программная инженерия. Визуальное моделирование программных систем: учебник для академического бакалавриата/Е. А. Черткова. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2019. — 147 с.
2. Девятков, В. В. Имитационное моделирование: Учебное пособие/Н. Б. Кобелев, В. А. Половников, В. В. Девятков. — М.: КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2013. — 368 с.
3. Волкова, В. Н. Моделирование систем и процессов: учебник для академического бакалавриата/В. Н. Волкова [и др.]; под редакцией В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. — М.: Издательство Юрайт, 2019. — 450 с.
4. Стельмашонок, Е. В. Моделирование процессов и систем: учебник и практикум для академического бакалавриата/под редакцией Е. В. Стельмашонок. — М.: Издательство Юрайт, 2019. — 289 с.

Математические модели и программные средства при формировании цифровой среды университета

Налбандян Эдгар Гагикович, аспирант
Тюменский индустриальный университет

Статья посвящена рассмотрению математических моделей и программных средств, используемых в процессе формирования цифровой среды университета. Отдельное внимание уделено составляющим элементам цифровой среды. Также обозначены требования к ее построению, которые позволили формализовать математическую модель в виде информационно-связанных подсистем.

Ключевые слова: цифровая среда, университет, математическая модель, программный комплекс.

The article is devoted to the consideration of mathematical models and software tools used in the process of forming the digital environment of the university. Special attention is paid to the constituent elements of the digital environment. It also outlines the requirements for its construction, which made it possible to formalize the mathematical model in the form of information-related subsystems.

Keywords: digital environment, university, mathematical model, software package.

Особенности эволюции современного глобального мира обусловлены процессами, которые проявились на рубеже тысячелетий и получили широкое развитие в начале XXI в., — это переход к экономике знаний и информационному обществу, усиление цифровизации (цифровой трансформации), что в свою очередь определяет экономический и социальный тип развития международной и национальной экономик, регионов и отдельных отраслей [1].

Широкое внедрение цифровых технологий во все сферы деятельности влечет за собой необходимость модернизации современной системы образования. Очевидно, что использование цифровых технологий в образовательном процессе обуславливает необходимость создания и функционирования цифровой среды учебного заведения. Активно данный тренд на сегодняшний день поддерживают университеты, которые все больше склоняются к необходимости рационального сочетания дистанционной и стационарной форм обучения, где первая является дополнением второй. Смешанная форма получения образования, построенная на цифровых технологиях, очень удобна для работающей молодежи, желающей обеспечить себе карьерный рост. К примеру, в школе медицинских сестер Райдаут (Rideout) Рочестерского университета через интернет студенты получают 41% от всех кредитов, программа поставляется через класс в виртуальной среде в рамках разработанной интерактивной платформы 2U [2].

Облачно-ориентированные системы обучения дают возможность создания цифровой среды и учебно-методического пространства в университетах, в результате чего происходит трансформация личного информационного пространства участников образовательного процесса и информационно-образовательного пространства учебного заведения в сетевое образовательное пространство. Не подлежит сомнению тот факт, что оптимально организовать цифровую среду университета возможно в процессе ее целенаправленного моделирования, поскольку в каждом отдельном случае она должна решать уникальный комплекс задач.

Однако, несмотря на актуальность рассматриваемых проблем, в современной научно-экспертной литературе они исследуются фрагментарно и не системно. Нарботанные методы моделирования используются недостаточно и мало влияют на практические разработки приложений, также очень ограниченно они находят свое применение в решении реальных задач со-

здания цифровой среды университета. Если рассматривать более подробно вопросы автоматизации информационного обмена, то, как правило, применяемые модули охватывают его отдельные звенья и не имеют единой системы проектирования и моделирования.

Таким образом, указанные обстоятельства предопределяют выбор темы данной статьи.

Сегодня существует множество публикаций, посвященных внедрению цифровых технологий в образовательный процесс, но, как правило, в них информационная архитектура и технологии рассматриваются отдельно. Средства моделирования и проектирования цифровых сред нашли свое отражение в работах Е. А. Паламарчука, В. Быкова, А. Гуржия, А. Ершовой, М. Жалдака. Однако вопросы формализации требований как к программной, так и к аппаратной части таких сред остаются открытыми.

Задача построения информационных систем оптимальной физической структуры исследована, в частности, в работах Г. Йеркса, К. Херрингшоу и других ученых, однако с развитием глобальной сети Интернет и web-технологий возникли принципиально новые виды этой задачи. Очевидно, что в новых условиях построение цифровой среды университета должно осуществляться с учетом глобального, многоуровневого характера информационных систем и стохастического поведения пользователей и участников этой среды.

Таким образом, цель статьи заключается в детальном рассмотрении математических моделей и программных средств, используемых в процессе формирования цифровой среды университета.

Итак, прежде всего, уточним составляющие цифровой среды университета. По мнению автора, она должна содержать в себе инвариантные компоненты, обеспечивающие информатизацию основных видов деятельности, к числу которых относятся:

- образовательная (непосредственно учебно-воспитательный процесс);
- управление, в том числе, образовательным процессом, контингентом обучающихся, ресурсами университета;
- обеспечение коммуникаций всех участников образовательного пространства.

Система проектирования любого из обозначенных компонентов может быть представлена как система взаимосвязанных АРМов с возможностью интенсивного и целевого обмена информацией. Поскольку АРМы работают с информацией (данными, фактами, знаниями), необходимо на концептуальной

стадии создания среды подать общую схему процессов циркуляции информации в виде матрицы.

В таблице источники и пользователи информации связаны между собой на уровне фактологической информации (отрезков, фреймов или ячеек знаний), $x_{ij}^{C_{ij}}$ ($i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$), которая характеризует единицу анализируемых данных (символ, слово, кортеж, указатель, характеристика, объект, класс и т. д.), C_{ij} — подает суммарную кратность передач единиц данных.

В дальнейшем задача АРМ математически может быть сформулирована следующим образом: необходимо найти такие значения, которые будут минимизировать потоки информации. В качестве целевой функции этой задачи можно принять суммарную кратность передач всех единиц данных — Z_0 .

Итак, минимизируем целевую функцию (1), при условии (2–4):

$$Z_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ij} x_{ij} \quad (1) \quad \sum_{j=1}^m x_{ij} = r_i \quad (2) \quad \sum_{i=1}^n x_{ij} = p_i \quad (3)$$

$$x_{ij} > 0; \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m} \quad (4)$$

Условие (2) обеспечивает полную передачу единиц данных от всех анализируемых пользователей информации; условие (3) фиксирует передачу единиц данных ко всем пользователям информации; условие (3) показывает степень информативности единиц данных.

Для управления цифровой средой университета необходимо использовать механизмы распределения нагрузки для достижения высокой производительности системы, а для поддержки ее надежного функционирования следует применять механизмы резервного копирования, архивирования и восстановления данных, защиты резервных копий от несанкционированного доступа [3].

На основе выше сформулированных требований к построению цифровой среды, ее структурная математическая модель может быть представлена в виде совокупности информационно связанных подсистем: $S = \{S_1, S_2, S_3, \dots, S_n\}$ обусловленных как четверка: $S_i = \{E_i, P_i, D_i, F_i\}$, где множество E_i — внешние сущности относительно данной подсистемы; P_i — процесс или подсистема, которая превращает входные потоки данных в выходные в соответствии с определенным алгоритмом; D_i — абстрактное хранилище для хранения информации (накопители данных), в общем случае является прообразом базы данных; F_i — поток данных, определяет информацию, передаваемую через некоторое соединение от источника к приемнику.

Что касается программных комплексов, которые могут быть использованы в процессе формирования цифровой среды, следует отметить, что в настоящее время существует широкое разнообразие различных пакетов и специализированных программ, предлагаемых как ведущими компаниями-разработчиками, так и новичками на рынке. Рассмотрим некоторые из них.

Например, система *Rexo Educational ERP*, она обеспечивает эффективный анализ данных учащихся и учет другой информации, что делает процесс принятия решений легким. Все пользователи, включая студентов, учителей, бухгалтеров, библиотекарей и других сотрудников, входят в одну систему. Права пользователя управляются с использованием методов контроля доступа.

Oracle Student Cloud — это программное обеспечение, разработанное специально для высшего образования, которое оптимизирует работу бэк-офиса и улучшает работу студентов. Программное обеспечение обеспечивает управление образовательным процессом, финансовой деятельностью, также позволяет проводить анализ в режиме реального времени и включает в себя инструменты для совместной работы как студентов, так и преподавателей [4].

Таким образом, резюмируя полученные результаты можно сделать следующие выводы. Математические модели создания цифровой среды университета позволяют формализовать законченную совокупность данных и знаний, которые пригодны к применению в образовательном процессе как целостный информационный ресурс. При этом при их разработке следует учитывать множество ограничений, к числу которых относятся: объемы обрабатываемой информации; типы задач и функций, а также их количество; корректировки и частота обновления и т.д. Выбирая конкретный программный комплекс для создания цифровой среды необходимо руководствоваться оптимизационными критериями, такими как: стоимость, время, ресурсы, соответствие мировым стандартам и т.д.

Литература:

1. Гонта, С.И. Проблемы информатизации и компьютеризации общества // Московского технического университета связи и информатики. 2019. № 2. с. 312-315.
2. Aiqun, Zhu An IT Capability Approach to Informatization Construction of Higer Education Institutions // Procedia computer science. 2018. Volume 131; pp 683-690.

3. Тарарькин, С. В. Информационная поддержка принятия управленческих решений в вузе // Университетское управление: практика и анализ. 2019. Т. 23. № 4. с. 69-79.
4. Higher Education ERP Systems URL: <https://softwareconnect.com/higher-education-erp/>

Влияние информационных систем управления машиностроительным предприятием на процессные инновации в контексте стандарта ISA-95

Сарапкин Владимир Николаевич, студент
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

В статье автор пытается определить роль информационных систем управления машиностроительным предприятием, используя стандарт ISA-95 и функциональную модель предприятия.

Ключевые слова: ERP, SCM, CRM, MES, инновация, инновационный менеджмент, информационная система управления, машиностроительное предприятие

Машиностроение — одна из ключевых отраслей российской промышленности. По данным за 2019 год, на машиностроение приходится 12% объёма выпуска промышленности нашей страны. Хотя данная область важна для научно-технических разработок, всего 8,6% процентов товаров и услуг относятся к инновациям. [1]

Поэтому, обновление технологической базы данной отрасли современными и перспективными технологиями, разработка инновационных продуктов, повышение конкурентоспособности машиностроения в целом и переход на инновационную модель экономического развития имеет высокое значение в рамках программ, направленных на модернизацию российской экономики. Важное место в этой модернизации занимают процессные инновации, которые позволяют сократить производственные затраты, повысить эффективность применяемого оборудования, улучшить качество продукции и повысить удовлетворенность клиентов.

Важным инструментом для внедрения технологических инноваций являются информационные системы управления предприятием. В общемировой практике системы данного класса перестали быть опциональным решением для повышения конкурентоспособности крупных организаций, превратившись в обязательное условие для их жизнеспособности. В России же на 2019-й год всего 19% организаций, использующих ERP-системы, против 54% со стороны Бельгии. В обрабатывающей промышленности этот показатель выше (27%); однако только 1/3 предприятий используют системы CRM, ERP, SCM. [2] Это является крайне низким показателем, и частично может объяснить статистику по инновациям в машиностроительной среде.

Некоторые авторы [3, 4] стали размышлять о взаимодействии инноваций и корпоративных систем управления с начала двухтысячных, но они изучали возможность внедрения таких систем, как инновации сами по себе, определяя критические факторы успеха для минимальной жизнеспособности системы, они не учитывали новые возможности, которые эти системы могут создавать для инновационной деятельности предприятия после внедрения. Намного успешнее данная проблема была раскрыта в работе [5], в которой автор исследовал метод Agile Innovation на базе информационной системы SAP. Данное исследование касается в основном организационных инноваций и почти не затрагивает процессные.

Целью данной работы является изучение влияния информационных систем управления предприятием на разработку и внедрение процессных инноваций в машиностроительной отрасли.

Для этого следует решить следующие задачи: найти место инновационного менеджмента в функциональной модели предприятия, выделить основные классы систем, взаимодействующие с системой инновационного менеджмента и проанализировать инновационные процессы, на которые влияют ИСУ.

Для определения места информационных систем управления в процессах организации, воспользуемся стандартом ISA-95, главной целью которого является обеспечение возможности взаимодействия корпоративных (как правило, ERP) и производственных (как правило, MES) информационных систем, а также АСУ и PLM.

В данном стандарте задана функциональная модель предприятия, которая помогает отследить функции предприятия, связанные с производственным процессом и потоки данных между этими функциями [6]. В контексте данного исследования нас интересует только фрагмент этой модели, непосредственно связанный с НИОКР и инновациями (Рисунок 1).

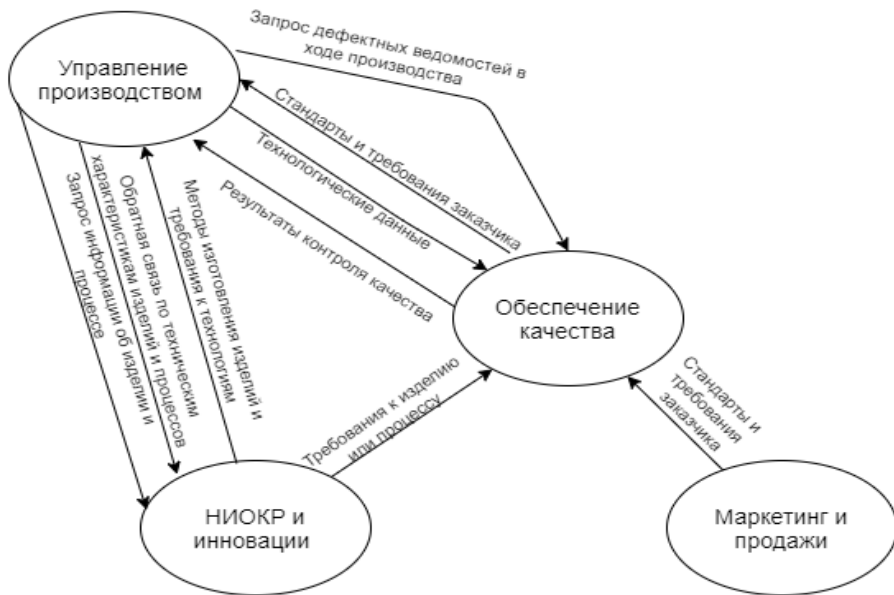


Рис 1. Фрагмент функциональной модели «предприятие – система управления» связанный с инновациями.

Исходя из данного фрагмента, инновации связаны в первую очередь с функциями обеспечения качества и управления производством. Обе функции входят в оперативный уровень управления предприятием (Уровень 3, по стандарту ISA-95). В таблице 1 указаны системы, которые удовлетворяют потребности данных функций через потоки данных.

Таблица 1

Классы систем оперативного уровня и связанные с ними потоки данных

Класс систем	Потоки данных в фрагменте функциональной модели
MES	Требования к процессам, результаты контроля качества, запрос дефектных ведомостей в ходе производства.
САПР	Требования к изделию, технологические данные.
PDM	Методы изготовления изделий, обратная связь по техническим характеристикам изделий.

Помимо оперативного уровня, в стандарте также задан стратегический уровень (Бизнес-планирование и логистика). К системам данного типа относятся **ERP**, **CRM** и **SCM**. **ERP** позволяет собирать данные о всех транзакциях внутри предприятия, централизованно хранить эти данные и выполнять обновления в режиме реального времени. **SCM** системы могут предоставлять информацию для инноваций процессов, сокращая время простоя, сохраняя проанализированные данные о логистике внутри предприятия или выявляя узкие места и недостатки транспортной системы внутри и между цехами. В отличие от них **CRM** занимаются хранением информации о клиенте и обработкой информации для выстраивания отношений с ним. Данные функции крайне полезны для продуктовых инноваций, при этом не оказывают существенное влияние на процессные инновации, что показало исследование [7], где было проанализирована работа 107 электротехнических и машиностроительных предприятий Китайской Республики. Исходя из проанализированной информации, сопоставим ИСУ с их влиянием на процессные инновации (Таблица 2).

Таблица 2

Сопоставление класса систем с их влиянием на процессные инновации

Класс систем	Уровень в иерархии	Влияние на инновационный менеджмент процессных инноваций
ERP	Уровень 4	Финансово-хозяйственное управление инновационной деятельностью, позволяет организации быть более гибкими на стратегическом уровне и видеть перспективы для инноваций.
MES	Уровень 3	Анализ процессов в цеху, формирование требований к процессным инновациям с учётом инфраструктуры производственной зоны, оптимизация параметров технологических операций
SCM	Уровень 4	Своевременное получение информации о передвижении ресурсов, что позволяет найти слабые места и места простоя.
САПП	Уровень 3	Проектирование новых технологий, адаптация продукции под усовершенствованные процессы, проектирование на основе сформированных требований в цехах.
PDM	Уровень 3	Предоставление информации о методах изготовления изделий, хранение информации о технических операциях и жизненном цикле продукта.

Выводы. В результате исследования нам удалось определить место инновационного менеджмента в функциональной модели предприятия, выявить основные классы ИСУ, влияющие на процессные инновации, а также сформулировать основные процессы инновационного менеджмента, затрагиваемые информационными системами управления машиностроительным предприятием в контексте стандарта ISA-95.

Литература:

1. Россия в цифрах — 2019 г.: Объём инновационных товаров, работ, услуг организаций по видам экономической деятельности // Росстат
2. Turovets, Y., & Vishnevskiy, K. (2019). Patterns of digitalisation in machinery-building industries: evidence from Russia, *Engineering Management in Production and Services*, 11 (4), 7-22.
3. King, S. F. and Burgess, T. F. (2006) «Beyond critical success factors: A dynamic model of enterprise system innovation», *International Journal of Information Management* 26 (1): 59-69
4. Srivardhana, T. and Pawlowski, S. D. (2007) «ERP systems as an enabler of sustained business process innovation: A knowledge-based view», *The Journal of Strategic Information Systems* 16 (1): 51-69.
5. Lokuge, K. S. P. (2015). *Agile Innovation: Innovating with Enterprise Systems*. Queensland University of Technology.
6. ГОСТ Р МЭК 62264-1-2014. Интеграция систем управления предприятием. Часть 1. Модели и терминология.
7. Lin, R., Chen, R. and Kuan-Shun Chiu, K. (2010), «Customer relationship management and innovation capability: an empirical study», *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 110

Роевой интеллект и групповая робототехника в решении различных задач

Сорокин Алексей Андреевич, старший преподаватель;

Коваленко Роман Андреевич, старший преподаватель;

Яковлева Екатерина Арнольдовна, кандидат физико-математических наук,
доцент, зав. кафедрой

Ивангородский гуманитарно-технический институт (филиал) Санкт-Петербургского
государственного университета аэрокосмического приборостроения

В статье рассматривается вопрос применения методов роевого интеллекта и групповой робототехники при решении различных практических задач, сформулированные в рамках НИР проводившейся в ИФ ГУАП. Приводятся основные классы задач. Рассматриваются вопросы практического применения.

Ключевые слова: искусственный интеллект, роевой интеллект, групповая робототехника, моделирование, прогнозирование.

В современном мире в технических, программных и имитационных решениях различных задач всё чаще обращаются к физическим явлениям и законам природы. Имитация поведения роя насекомых, косяка рыб, стаи птиц, скатывающихся по наклонной поверхности капель воды, процесса самосборки сложных надмолекулярных структур — все это легло в основу множества алгоритмов оптимизации на базе децентрализованной самоорганизации. К сожалению, основное применение всех этих алгоритмов — имитационное моделирование.

Проблемы реализации алгоритмов этого класса в качестве физических моделей, например в робототехнике (групповая робототехника) сводятся, в основном, к одному — необходимости реализации задачи на множестве псевдоинтеллектуальных агентов. Каждый агент обладает рядом параметров, в т. ч. габаритные размеры, себестоимость и т. д. В случае же моделирования агенты представляют собой от групп ячеек памяти, до сложных функций, которые хранятся только в описательном виде. [1] [2]

Если рассматривать основные алгоритмы организации роевого интеллекта, то большинство из них имеет свой набор дополнительных ограничений, которые мешают их физической реализации, подробнее приведено в [2]. Основные алгоритмы роевого интеллекта:

- муравьиный алгоритм;
- пчелиный алгоритм;
- метод роя частиц;
- искусственная иммунная система;
- другие.

В то же самое время часть этих алгоритмов или похожих на них моделей поведения вполне возможны к реализации в виде группы роботов. В данном случае речь идет, в первую очередь, о пчелином алгоритме или, если точнее, алгоритме пчелиной колонии. Существует несколько основных ролей, каждый робот выполняет одну из них и, потенциально, может взять на себя другую роль. Такой подход позволяет относительно дешево реализовать алгоритм на достаточно небольшом количестве конечных агентов.

Но применение тех или иных моделей роевого интеллекта и групповой робототехники тесно связано с решаемой задачей. Здесь стоит еще раз отметить, что основное назначение данного класса методов — это оптимизация.

Задачи, имеющие в своей основе цель поиска, нуждаются в сокращении времени, затраченного на достижение результата, что в свою очередь прямо пропорционально количеству направлений для одновременного исследования пространства. Задачи поиска по своей природе и механике, аналогичны процессам оцифровки различных объектов или построению карт местности.

Изучение задач, использующих механизмы организации колонии или системы юнитов, позволяет выделить две группы: задачи в области вычислительных систем на уровне дополнительных абстракций (потоков выполнения или узлов, слоев нейросети) и задачи применения системы юнитов в качестве программной оболочки, управляющей физической реализацией. Как упоминалось ранее, эти задачи имеют общие признаки: масштабируемость, единый алгоритм работы каждого из юнитов, повышенная надежность системы в целом.

Исходя из того, что алгоритмы роевого типа построены по образу и подобию биологических систем (колонии насекомых), то метод и способ поведения юнитов, находящихся под управлением подобного алгоритма, будет аналогичен их прототипу. Одной из базовых задач биологического прототипа роевых систем, является защита колонии, контроль территории и добыча ресурсов. Такие задачи выполняются одновременно множеством самостоятельных агентов на различных направлениях или участках местности. В жизнедеятельности человека подобные задачи находят прямое применение в сферах, осуществляющих охранную и поисковую деятельность. [3]

Пространственные задачи групповой робототехники

Фактор одновременного скоординированного воздействия множеством копий (агентов) может использоваться в качестве системы получения информации об объекте или его тестировании. Проведение испытаний с участием множества участников снижает время получения возможной коллизии, позволяет проанализировать пропускную способность исследуемого объекта.

Методика получения и обработки статистических данных при исследовании или тестировании может повторять процедуры обучения в нейронных сетях, а факторы параллельного выполнения и легкость в масштабируемости позволяют провести аналогию в методике подхода к выполнению задачи и охарактеризовать системы, управляемые роевым интеллектом, как возможный элемент нейронной сети.

Одной из возможных конечных задач, является оцифровка трехмерных объектов или построение карты местности. Данная задача делится на две:

- задача с большим процентом выбытия или поломки;
- задачи, имеющие большое пространственное покрытие.

Таковыми задачами являются случаи применения технических устройств в зонах с агрессивными средами или непрогнозируемыми условиями работы. Второй вариант имеет базовое требование по снижению времени работы для выполнения поставленной задачи, что достигается одновременной активностью в разных секторах области оцифровки или поиска. Помимо задач поиска и оцифровки к данной группе можно отнести задачу мониторинга сложных объектов, территорий или целей. Подобная задача комбинирует в себе функции наблюдения, получения информации, ведение и слежение за объектом, контроль местоположения.

Моделирование химических процессов

Природные материалы имеют свойства меняться в процессе существования, а значит, что прогнозирование долговременной эксплуатации материалов требует дополнительных средств. Исходя из того, что химические соединения — это композиция из мельчайших частиц (молекул) — то формирование долговременного поведения на основе алгоритмов роевого типа позволяет продемонстрировать возможные изменения. Группе молекул, как и воздействию фактору, задается модель поведения, свойства, характеристики, пороговые значения для реализации переходных состояний. Формирование подобным образом системы, состоящей из двух и более наборов алгоритмических реализаций, позволит смоделировать процессы коррозии, влияния ультрафиолета, реактивов или теплового излучения.

Физические явления

Размеры вселенной не представляют возможности исследования стандартными методами. Процессы формирования, существования и трансформации материи в пространстве космоса от уровня субатомных частиц до уровня галактик требует воссоздания сложных взаимосвязей, действующих по определенным законам. Использование роевого алгоритма по причине определенного уровня идентичности в сравнении агента и, например, атома в молекуле, или звезды в галактике. Основываясь на базовой механике работы роевых алгоритмов, возможно моделирование изучения космического пространства на основе этой концепции.

Прогнозирование погодных явлений

Концепция роевого интеллекта применяется и для имитаций таких физических процессов, которые проецируются в погодные явления. Атмосфера формируется газообразной средой с различным содержанием воды и различных газов в ее слоях, а степень нагрева поверхности, зависит от облачности в данной территории во время светового дня и свойств самой поверхности. Состав атмосферы, уровень испарения воды, выбросы углекислого газа, влияние водных артерий и рельеф задаются сложной системой. Основные элементы, формирующие воздушную среду, имитируются роем агентов — системой частиц.

Цель использования алгоритмического комплекса состоит в имитации постоянного воздействия и распространения различных веществ в атмосфере с отслеживанием путей их оседания и движения на прилегающих территориях. В качестве элементов роя принимаются химические элементы и соединения, а точкой их генерации выбираются соответствующие промышленные зоны, энергогенерирующие кластеры, транспортные магистрали или природные источники. Каждое химическое соединение имеет свои физические свойства, которые формируют соответствующую модель поведения. Группа элементов, объединенная данными характеристиками, формализуется как рой определенного типа с закрепленными маркерами для прослеживания перемещения по территории.

Прогнозирование распространения лесных пожаров

Борьба с лесными пожарами охватывает различные климатические зоны и государства. В зависимости от инфраструктуры путей и сообщений, вида эксплуатации лесных ресурсов, а также рельефа местности эта проблема имеет особенности, связанные с тушением и локализацией возникающих очагов. Такой подход вносит в прогнозирование, последующую локализацию и по-

давление лесных пожаров множество переменных, изменение которых имеют множественное влияние на определенные участки территорий. Базовой идеей является методика формирования динамической карты, которая может моделироваться различными программными средствами и, в конечном счете, отображать в режиме реального времени ход событий с учетом множества факторов.

Роль использования роевого интеллекта здесь заключается в задаче имитации огня и различных факторов среды. Факторы, влияющие на пожарную опасность, можно моделировать роем другого типа или альтернативными методами. Одним из примеров является зона весеннего паводка, так как во время разлива нижний лесной и полевой слой защищен водой от огня, но при резком высыхании по причине изменения климатических условий эта площадь представляет из себя сухой и соответственно плодотворные условия для распространения огня.

Моделирование многолетнего озеленения

Данная задача имеет в своей основе цель прогнозирования степени жизнеспособности и развития высаженных растений, предполагаемых для многолетнего роста. Задача имитационного моделирования роста зеленых насаждений имеет важное значения в современного развития и экологии. Получение количественных показателей для создания рекреации растительности и лесного фонда перспективно для современного общества и состояния экологии. В качестве роя принимается колония растений одного вида, а в качестве агента берется единичное растение, имеющее типовые характеристики, предполагаемую программу для роста и реакцию на внешние факторы.

Исследуемая задача озеленения подвержена множеству факторов, имеющих положительное и отрицательное влияние и как следствие элементы роя будут реагировать на данные параметры, формируя тем самым уникальное поведение для моделируемой экосистемы в целом. Модифицируя параметры, отвечающие за факторы, влияющие на тестовую колонию, можно в динамике отслеживать реакцию экосистемы на внешне влияние. [3]

Моделирование дорожного движения

Проектирование городского пространства имеет ключевую цель в формировании комфортной среды обитания, для популяции, живущей на данной территории, и населения, использующего данную область как транспортный узел. Тестирование нагрузки на инфраструктуру требует моделирования транспортных потоков, для которой можно использовать масштабируемую систему, управляемую роевым интеллектом. В этом случае абстрагируется мо-

дель поведения каждой группы, участвующей в перемещении по магистралям. Совокупность потоков в различных направлениях позволит смоделировать реальную транспортную нагрузку в любом масштабе.

Моделирование транспортных потоков в пешеходных зонах

Как и в случае моделирования транспортной нагрузки на дорожную сеть, моделирование потоков в пешеходных зонах и загруженности общественного транспорта требует визуализации и прогнозирования. Данная задача так же решается с помощью роевого интеллекта. [4]

Запустив виртуальный макет, в котором функционируют потоки, управляемые роевым интеллектом, можно отслеживать имитационную модель для выбранной местности. Основываясь на базовом функционале роевого алгоритма, мы можем легко масштабировать количество агентов — элементов, принимающих участие в эксперименте. Корреляция единиц роя, изменение средней скорости движения или других параметров, характеризующих боид, позволит получить конкретный прогноз по состоянию пешеходной системы на конкретный момент времени суток в каждой точке местности.

Рассматривая задачи пешеходного движения в рамках использования роевого алгоритма, в отдельную группу выделяют задачу прогнозирования и анализа потоков движения людей на массовых мероприятиях в городских условиях.

Рыночные отношения, биржевые торги

Область рыночных отношений представима, как стратегическая игра групп участников. Каждая группа имеет свою стратегию поведения, которая реализуется алгоритмически. Набор подобных стратегий или агентов сопоставим с колонией, осуществляющей однотипную стратегию поведения в борьбе за ресурсы, но в разных позициях или конкретных условиях.

Моделирование рынка включает его развитие и поведение его участников, а процессы, происходящие на торговых и биржевых площадках, отражают движение цен на существующие активы и ресурсы. Так как брокеры, банки, частные инвесторы, государственные регуляторы и программные инструменты для технического анализа выступают в роли игроков на данной площадке, их поведение можно реализовать и виртуализировать с помощью роевого интеллекта. Поэтому используется программный инструмент для технического анализа, по своей сути это САУ реализующая стратегии, заложенные в определенном алгоритме. Если сформировать группу данных систем в концепции роевого интеллекта, то можно получить моделирование колонии трейдеров.

Моделирование явлений или процессов, имеющих фрактальный тип построения с необходимостью множественного масштабирования

Множественное самоподобие является темой, граничащей с роевыми алгоритмами в смысле отражения и воссоздания биологических и природных явлений. Алгоритмические модели создающие фрактальные узоры инея или облаков, а также различных природных поверхностей, используются в современной компьютерной графике для повешения различности.

Исходя из одного из определений фракталов и их механики, которая используется в создании сложных систем и зависимостей, можно сделать вывод о модификации построения систем, основанных на фрактальной парадигме. Предлагаемая модификация в базовом варианте сводится к созданию гибридной функции, содержащей в себе законы построения фрактала определенного типа и элемент роя, принимающий собственные решения для достижения конечной цели или действия в ответ на сигналы внешней среды.

Одним из простейших примеров, позволяющих максимально приблизить графическое моделирование к реальному прототипу, существующему в реальных условиях — это развитие мха, плесени, образование инея, обледенение или появление коррозии на объектах. Приведенные примеры имеют пространственное развитие, на которые влияют факторы: освещенность, влажность, температурные факторы, базовый материал, тип покрытия, различные химические средства и соединения. Более подробно данный подход описан в [2].

Практическое применение «фрактально-роевой» модели может активно применяться в исследовании защитных покрытий, химикатов с целью тестирования свойств препарата на длительном временном отрезке. При использовании данной модели можно достоверно проверить работу химического состава при различных условиях и на различных материалах. Ключевой особенностью, является то, что скорость построения колонии и соответственно получение результата и его графического отображения зависит лишь только от производительности вычислительной системы, на которой производится моделирование.

Заключение

Приведенные методы и алгоритмы роевого интеллекта не являются конечным набором, как и сами рассмотренные задачи. Каждая задача может быть решена альтернативными способами. Целью данной статьи было показать общие выводы касательно применения роевого интеллекта и групповой робототехники, полученные в ходе исследовательской работы. Что и было проделано. В заключении стоит отметить, что при попытке применения ме-

тодов роевого интеллекта для решения различных задач стоит готовиться к итеративному подходу в адаптации базового алгоритма к конечной цели.

Литература:

1. Водолазский, И. А. Роевой интеллект и его наиболее распространённые методы реализации/И. А. Водолазский, А. С. Егоров, А. В. Краснов. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2017. — № 4 (138). — с. 147-153.
2. Яковлева, Е. А. Роевой интеллект в роботизированном решении пространственных задач: монография/Е. А. Яковлева, А. А. Сорокин, Р. А. Коваленко. — Казань: Бук, 2020. — 104 с.
3. Баранюк, В. В. Роевой интеллект как одна из частей онтологической модели бионических технологий/В. В. Баранюк, О. С. Смирнова // International journal of open information technologies. — 2015. — № 12. — с. 13-17.
4. Киселев, С. О. Исследование и сравнение бионических методов и моделей для автоматизированного проектирования маршрутов обхода геометрических объектов/С. О. Киселев, В. Д. Фроловский // Национальная ассоциация ученых. — 2015. — № 4-2 (9). — с. 111-115.

МЕТАЛЛУРГИЯ

Сравнительный анализ методов брикетирования железорудного сырья

Шмарин Денис Сергеевич, студент;
Карпов Антон Владимирович, кандидат технических наук, доцент
Липецкий государственный технический университет

Проведён анализ современных методов окускования железорудного сырья различными методами брикетирования. Представлены сравнительные показатели распространенных технологий производства брикетов для доменного производства.

Ключевые слова: брикетирование, окускование, прессование, доменная печь, связующее, жёсткая вакуумная экструзия.

Металлургия, на сегодняшний день, не представляется без технологий, связанных с окускованием железорудного сырья, будь то агломерация или производство окатышей. Шлам, аспирационная и колошниковая пыль, окалина прокатного цеха содержат в себе достаточное количество окислов железа и могут выступать в роли сырья для доменных печей. Все они представлены в виде сыпучих материалов различных фракций. Для предания смеси из вышеперечисленных компонентов необходимой формы и размеров используются методы брикетирования. Готовые брикеты должны хорошо восстанавливаться, обладать высокой прочностью и нести в себе небольшое количество пустой породы. Данная технология позволяет вернуть в цикл побочные продукты основных металлургических переделов, тем самым решая вопрос их складирования и хранения.

В начале прошлого века для брикетирования железорудных материалов использовались валковые прессы. Прессование происходило между двумя валами, закреплёнными на станине. В каждом из валов было выточено углубление, соответствующее полуформе конечного брикета. Они располагались

симметрично относительно углубления противоположного вала. Прессование происходило в зазоре под давлением до 150 МПа. Производительность таких агрегатов достигала 50 тонн в час. Проблема брикетов, изготовленных таким образом, заключается в увеличении объёма брикета после снятия с них напряжения, что приводит к образованию трещин. Из-за краткосрочного сдавливания материала возможна запрессовка воздуха в объём брикета и образование пустот, которые пагубно влияют на конечную прочность продукта. Расположение ячеек не позволяет запрессовывать весь поступающий материал, в результате чего, до 30% шихты возвращается в цикл производства. Помимо всего прочего, шихта для изготовления брикетов данным способом должна содержать не более 10% влаги, а следовательно, требуются дополнительные участки для подсушивания материала.

В 70-х годах XX века широкое распространение получил метод вибропрессования. Известно, что вибрация с частотой свыше 50 Гц способствует снижению внутреннего трения между частицами, повышая при этом плотность и однородность массы, следовательно, такой метод требует меньшего давления для прессования материала. Брикетирование происходит в пресс-формах квадратного либо прямоугольного сечения. Период прессования занимает не более 30 секунд, а производительность достигает 30 тонн в час, в зависимости от размера брикета. В качестве связующего вещества используется цемент в количестве 10-15% по массе исходной смеси. Для достижения необходимой прочности брикеты подвергаются обработке в пропарочной камере на протяжении ~полутора суток. При использовании брикетах на металлургических производствах наблюдалось кострение в периоды загрузки доменных печей. Низкая производительность, необходимость тепловой обработки и высокая стоимость оборудования не позволили обеспечить данному методу конкурентоспособность на рынке окускования железосодержащих материалов.

В конце прошлого века успешно была предпринята попытка производства брикетов с помощью метода жесткой вакуумной экструзии, хорошо известного в керамической отрасли. Смесь из железосодержащих материалов, бентонита и цемента подавалась в вакуум-камеру, а после в экструдер. После прохождения смеси через экструзионную фильеру образовывались цилиндрические брикеты, не требующие дальнейшей термической обработки. В результате перетирки и экструзии материала, происходило его усреднение по химическому и фракционному составу, наблюдалась высокая плотность и однородность брикета. Влажность смеси находилась в пределах 12-18%, а следовательно, не требовалось дополнительных участков подсушивания материала. После 48

часов вылёживания в штабелях брикеты обладали достаточной механической прочностью в совокупности с небольшим содержанием цемента в составе. Технология не получила широкого распространения в то время, но на данный момент интерес к ней сильно возрос.

Данные сравнительного анализа исследуемых технологий брикетирования сведены в таблицу.

Таблица 1

Показатели технологий брикетирования

Характеристики процесса и свойства брикетов	Вибростол	Валковый пресс	Экструдер
Максимальная производительность	30 т/час	50 т/час	100 т/час
Содержание цемента в брикетах	8-10%	15-16%	4-6%
Тепловая обработка сырых брикетов	80°C (10-12 часов)	Не требуется	Не требуется
Оборотный цикл	Отсутствует	30%	Отсутствует
Форма брикетов	призма, цилиндр	подушечка	стержень любого сечения
Влажность шихты	меньше 5%	меньше 10-12%	12-18%
Расходуемые энергоресурсы	Электроэнергия, природный газ, тепло, сжатый воздух	Электроэнергия	Электроэнергия

Литература:

1. Равич Б. М. Брикетирование руд/ — М.: Недра, 1982. с. 183.
2. Кусков В.Б. Брикетирование железорудного сырья для металлургической промышленности./Кусков В. Б., Корнев А. В., Сухомлинов Д. В. // Записки горного института. 2013 г, т. 202. с. 111-114.
3. Бижанов А.М. Исследование механической прочности брэкса. Часть 1/А. М. Бижанов, И. Ф. Курунов, Н. М. Дуров, Д. В. Нуштаев, С. В. Рыжов // Металлург. 2012. — № 7. — с. 32-35.

Результаты применения брикетов в доменной печи малого объёма

Шмарин Денис Сергеевич, студент;

Карпов Антон Владимирович, кандидат технических наук, доцент

Липецкий государственный технический университет

Проведён анализ успешного опыта применения брикетов из железосодержащих компонентов в доменном производстве. Проведена оценка целесообразности перехода на использовании 100% брикетов в завалке доменной печи небольшого объёма.

Ключевые слова: брикетирование, доменная печь, экструдер, брэксы, кокс, шихта.

The integrated effect of quality of coke on the performance indices of the blast furnace

Shmarin Denis Sergeyevich, student;

Karpov Anton Vladimirovich, PhD, associate professor

Lipetsk State Technical University

The analysis of the successful experience of using briquettes made of iron-containing components in the blast furnace production is carried out. The feasibility of switching to using 100% briquettes in the filling of a small-volume blast furnace was assessed.

Keywords: briquetting, blast furnace, extruder, brex, coke, charge.

Технология жёсткой вакуумной экструзии, давно применяемая в керамической отрасли для производства кирпича, получило своё распространение в металлургии лишь в конце XX века. Изначально, были предприняты попытки окускования шламов ферросплавного производства и после успешного опыта технология перешла и в доменное производство. Брикеты, изготовленные данным способом, отличались высокой прочностью и не требовали дополнительной термической обработки. Экструдер обладал относительно высокой производительностью, а смесь имела низкое содержание пустой породы, помимо этого, влага смеси могла колебаться вплоть до 18% по массе, что сильно упрощало подготовку материала к брикетированию [1]. Все вышеперечисленные достоинства позволили методу жёсткой вакуумной экструзии

занять лидирующую позицию в окомковании железосодержащих отходов металлургического производства.

В настоящее время существуют успешные примеры перехода малообъемных доменных печей на 100% использование брикетов в качестве железосодержащего компонента завалки [2]. Так, в 2011 году была запущена экструзионная линия, вошедшая в состав доменной печи объёмом 45 м³ индийского металлургического комбината Suraj Products Ltd. Помимо шламов, аспирационной пыли конвертерного и доменного производств, колошниковой пыли, цемента и бентонита, в состав используемых брэксов была включена часть измельченного коксика, играющего роль топлива и восстановителя железа брикетов. До запуска линии доменная печь работала на обогащённой железной руде с использованием в качестве шлакообразующих известняк и доломит. После запуска экструдера 10% исходной шихты было замещено брэксами. В ходе работы отклонений в протекании плавки обнаружено не было и со временем доля брикетов была увеличена до 80%, а после и вовсе вытесняла железную руду. На данный момент печь продолжает свою работу на 100% брэксов, демонстрируя жизнеспособность данной технологии.

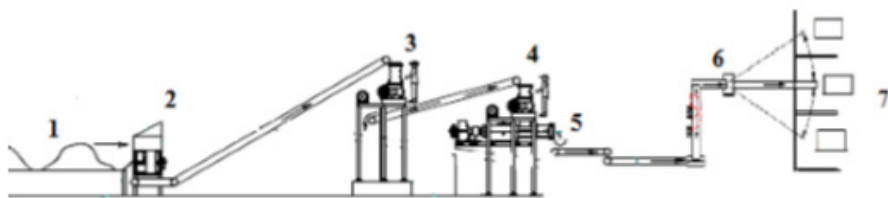


Рис. 1. Схема экструзионной линии компании Suraj PL (Индия):

1 – склад сырья, 2 – питатель равномерной подачи с участком смешивания связующего и пластификатора, 3 – первичная глиномялка, 4 – глиномялка с вакуумным затвором, 5 – экструдер, 6 – штабеллер, 7 – участок набора прочности

По мере повышения процента брикетов в завалку наблюдалось снижение расхода кокса на 150 и 200 кг/т чугуна при использовании 80% и 100% брэксов соответственно [3]. Это явление можно объяснить наличием дополнительного количества углерода находящегося, непосредственно, в самих бри-

кетах, что делает их самовосстанавливающимися. Помимо этого, высокая основность брикетов позволила отказаться от добавления известняка и доломита для наводки шлака, что дополнительно сэкономило энергию, затрачиваемую на диссоциацию данных компонентов. Из-за уменьшения содержания железа в шихте наблюдалось снижение производительности печи. Было отмечено, что с переходом на брикеты газопроницаемость столба шихты увеличилась, за счёт этого и повышения температуры дутья на 100 °С производительность печи была восстановлена.

Таким образом, малообъёмная печь индийской компании Suraj Products Ltd на протяжении уже 6 лет демонстрирует стабильную и высокоэффективную работу на 100% брикетов в шихте. За счёт оптимизации процессов, дополнительного углерода брэксов и улучшения за счёт них газопроницаемости столба шихты удалось снизить расход кокса до 500 кг/т чугуна при температуре дутья 1000 °С. Такими показателями могут похвастаться лишь современные доменные печи с высоким уровнем теплоизоляции и температурой дутья 1200 °С, работающие на шихте с содержанием железа около 59%. Можно считать, что использование брикетов в качестве альтернативы привычному агломерату и окатышем является возможным, а направление по повышению доли брикетов в завалке крупных доменных печей перспективным.

Литература:

1. Курунов, И. Ф. Жесткая вакуумная экструзия steele — перспективный способ окускования металлургического сырья и отходов/И. Ф. Курунов, А. М. Бижанов // Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2012. № 4 (1348). с. 46-50.
2. Далмиа, Й. К. Производство и применение в доменной плавке брикетов нового поколения/Й. К. Далмиа, И. Ф. Курунов, Р. Б. Стил, А. М. Бижанов // Металлург. 2012. № 3. с. 39-41.
3. Курунов, И. Ф. Производство и применение в доменной плавке брикетов нового поколения/И. Ф. Курунов, А. М. Бижанов // Металлург. 2014. № 3. с. 49-53.
4. Боброва, З. М. Применение отходов горно-металлургических и металлургических производств в целях рационального природопользования/З. М. Боброва, О. Ю. Ильина, А. В. Хохлаков, Е. М. Цейтлин // Известия УГГУ. 2015. № 4. с. 40.

-
5. Каплан, А. В., Шаламова Т. В. Оценка экономической эффективности рекультивации шлакоотвалов металлургических предприятий // Вестник ЧелГУ. 2012. № 3 с. 257.

ТРАНСПОРТ

Методика определения оптимального количества мест для прохождения шиноремонтных работ и их местоположения для каршеринговой компании «Делимобиль» (на примере парка автомобилей в Москве)

Рыжов Тимофей Александрович, студент магистратуры;
Воробьёв Игорь Всеволодович, кандидат технических наук, доцент
Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

В данной статье показывается обработка данных, полученных в ходе исследования плотности разброса парка автомобилей каршеринговой компании «Делимобиль» по территории города Москвы; формулируются определённые выводы из результатов исследования; демонстрируется методика, основанная на проведённом исследовании; приведены рекомендации по её реализации.

Ключевые слова: каршеринговая компания, парк автомобилей, административный округ (АО), район, плотность разброса, агрегатор геоконтента, станция технического обслуживания (СТО), автотранспортное средство (АТС), техническое обслуживание (ТО), шиноремонтные работы.

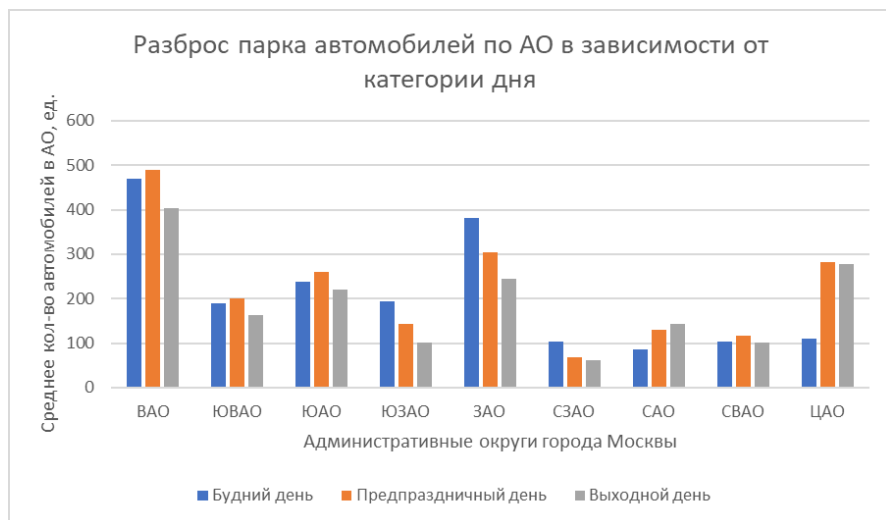
При обработке полученных в ходе исследования [1] результатов базирование происходило на градации территории города Москвы на административные округа, что позволило выделить самый загруженный (-ые) из них, а уже в нём наиболее загруженный (-ые) район (-ы).

Выгрузка полученных данных в виде общей картины разброса автомобильного парка по АО, представлена на диаграмме ниже.

**КАРТА АДМИНИСТРАТИВНЫХ ОКРУГОВ И РАЙОНОВ
Г. МОСКВЫ.**



Рис. 1. Карта административных округов и районов города Москвы (без учёта Новомосковского и Троицкого)

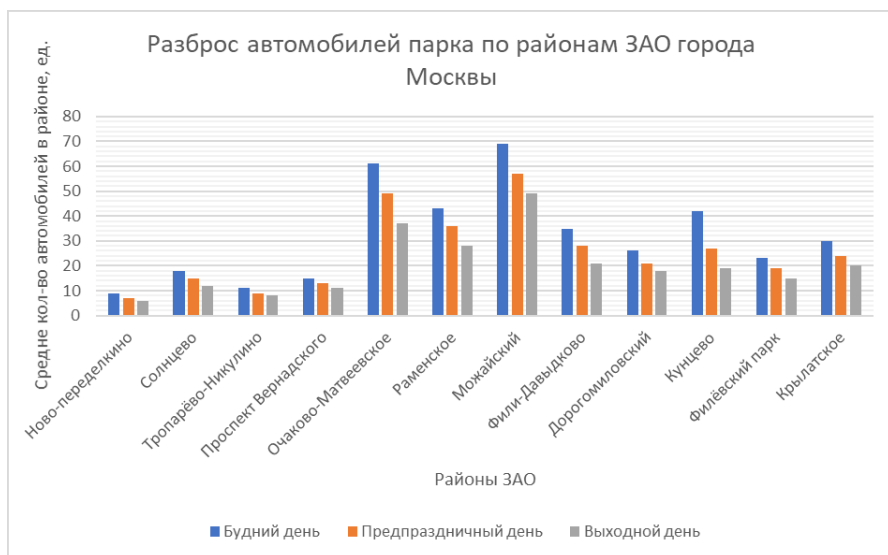
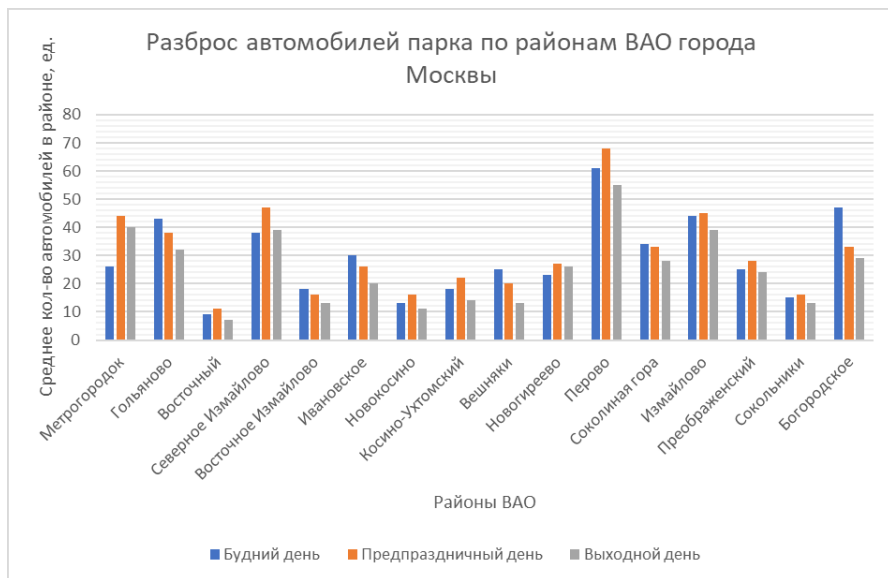


Глядя на диаграмму, вырисовываются определённые выводы, а именно:

1. На протяжении всех категорий дней по загруженности лидирует восточный административный округ (ВАО);
2. На пятницу или предпраздничный день выпадает самая высокая загруженность в половине всех округов;
3. Загруженность в центральном административном округе (ЦАО) резко возрастает в пятницу или предпраздничный день, и незначительно падает в выходные и праздничные дни.

На основе полученных данных можно сказать, что выделить конкретно один кластер для проведения работ не представляется возможным, так как даже ВАО не несёт в себе объективного большинства готовых к работе автомобилей парка на своей территории. Поэтому было выделено несколько наиболее целесообразных мест для проведения работ, а именно: ЦАО, ВАО и ЗАО. Однако, принимая во внимание ситуацию с уровнем автомобильных пробок в ЦАО на протяжении всего дня, его следует исключить из списка потенциальных территорий, где рентабельно проводить шиноремонтные и шиномонтажные работы парку автомобилей каршеринговой компании «Делимобиль». Исходя из этого, более углублённому изучению были подвергнуты районы ВАО и ЗАО.

Полученные углублённые данные в виде общей картины разброса автомобильного парка по районам ВАО и ЗАО, представлены на диаграммах ниже.



Из данных, показанных на диаграммах, видно, что в каждом из выбранных АО есть районы с ярко выраженной высокой насыщенностью автомобилями из парка каршеринговой компании «Делимобиль».

Для восточного административного округа это (в порядке убывания насыщенности) —

- Перово;
- Измайлово;
- Северное Измайлово.

Для западного административного округа это (в порядке убывания насыщенности) —

- Очаково-Матвеевское;
- Раменское;
- Можайский.

Предварительно эти районы и должны были бы сформировать два идеальных кластера для проведения работ. Однако, перед окончательным решением, карты районов следовало наложить на карту расположения СТО, чтобы удостовериться в правильности выбора. Агрегаторы геоконтента, такие как Яндекс. Карты [2] и 2ГИС [3], позволили провести анализ расположения СТО в выделенных мною районах. Из него была получена информация, которая повлекла за собой внесение корректив, а именно:

1. Выяснилось, что несмотря на высокую плотность автомобилей в Северном Измайлово, в нём практически не присутствуют СТО;
2. В свою очередь в районе Соколиная гора, которая по плотности не сильно уступает Северному Измайлово, присутствует широкий спектр СТО разной мощности и направленности;
3. Также стоит рассматривать район Гольяново, в котором также сконцентрирована большая часть парка автомобилей и на его территории много СТО;
4. Что же касается выделенных районов из ЗАО, в них соотношение плотности разброса парка и присутствия на их территории большего количества СТО удовлетворяют друг друга.

Таким образом, состав западного кластера проведения работ остался без изменений, и в нём остались районы *Можайский, Раменское и Очаково-Матвеевское*. Он имеет удобное географическое расположение, позволяющее принимать автомобили как из центра города, так и северных районов, а также и с южных.

В свою очередь состав восточного кластера претерпел некоторые изменения. На основе новых полученных данных в ходе анализа расположения СТО в каждом из интересующих меня районов ВАО, мною было принято решение заменить район Северное Измайлово на район Соколиная гора, а также привлечь дополнительно район Гольяново. После чего восточный кластер проведения работ также обрёл географические преимущества, позволив себе удобно принимать автомобили на обслуживание из любой точки.

Так как в ходе обработки данных образовалось 2 рекомендованных к проведению работ кластера, логичным решением виделось поделить территорию города Москвы на сферы влияния, то есть, в зависимости от расположения автомобиля в данный момент, определять куда ему отправляться на обслуживание. Взглянув ещё раз на карту административных округов и приняв во внимание районный состав определённых кластеров для прохождения обслуживания, территория была разделена следующим образом:

— Все автомобили из парка каршеринговой компании «Делимобиль», которые нуждаются в проведении шиноремонтных работ и располагаются на территории СВАО, ВАО, ЮВАО, ЮАО, а также на территории таких районов ЦАО, как Мещанский, Красносельский, Басманный, Таганский и Замосворечье, подлежат обслуживанию в восточном кластере;

— Все автомобили из парка каршеринговой компании «Делимобиль», которые нуждаются в проведении шиноремонтных работ и располагаются на территории ЮЗАО, ЗАО, СВАО, САО, а также на территории таких районов ЦАО, как Тверской, Пресненский, Арбат, Хамовники и Якиманка, подлежат обслуживанию в западном кластере.

Консолидируя информацию, полученную в ходе исследования [1] и обработки его результатов, можно с уверенностью сказать, что данный подход значительно сокращает перегон автомобиля от места его дислокации до места прохождения им обслуживания, так как учитывает, как конкретное место расположения одного автомобиля, так и тенденцию разброса всего парка автомобилей в целом. А сокращение перегона, в свою очередь, несёт за собой весомые экономические преимущества.

Таким образом *методика определения оптимального количества мест для прохождения шиноремонтных работ и их местоположения* представляет собой следующую последовательность действий:

1. Выбор исследуемой территории;
2. Выбор способа проведения исследования;
3. Определение условий;

4. Фиксация данных разброса парка автомобилей каршеринговой компании по исследуемой территории;
5. Стратификация данных по районам;
6. Выделение района или районов с самой высокой плотностью разброса парка автомобилей;
7. Стратификация данных по подрайонным территориям в выделенных районах;
8. Выделение подрайонных территорий с самой высокой плотностью разброса парка автомобилей;
9. Наложение выделенных подрайонных территорий на карту разброса СТО на исследуемой территории;
10. Внесение необходимых корректировок в состав выделенных подрайонных территорий;
11. Формирование кластеров для проведения работ из выделенных подрайонных территорий;
12. Разделение влияния кластеров на исследуемой территории (если это необходимо);
13. Вынесение рекомендаций по использованию и внедрению (если это необходимо).

Так как всё исследование [1] имело целенаправленный на определённую каршеринговую компанию характер, реализация и использование разработанной методики компанией «Делимобиль» представляется очень даже возможным. Сотрудники могут откорректировать исходную базу данных, зафиксировав их не как делалось в проведённом исследовании, при помощи мобильного приложения, а при помощи своих специальных корпоративных программ. Далее они просто откорректируют полученные кластеры, и уже внутри них найдут те СТО для сотрудничества, которые будут удовлетворять всех их экономическим запросам. В то время как расположение этих СТО уже сразу начнёт приносить компании прибыль, потому что за счёт снижения времени и километра перегона автомобиля на обслуживание, будет высвобождаться время из категории «время простоя». А для компании, которая специализируется на предоставлении поминутной аренды АТС, и чей парк автомобилей периодически растёт и пополняется новыми моделями, каждая свободная минута от каждого автомобиля её парка на вес золота. Поэтому даже незначительное снижение времени перегона в условиях того, что обслуживание парка автомобилей каршеринговой компании проходит в порционном режиме (на обслуживание отправляется одновременно не один автомобиль, а целая партия

из парка), за счёт соблюдения периодичности ТО и предписаний завода-изготовителя по замене тех или иных комплектующих, будет приносить каршеринговой компании весомый доход [4].

Также нужно отметить, что реализация и использование методики, хоть изначально она была и узконаправленной, возможны, как и другими каршеринговыми компаниями (им нужно будет изменить только исходные данные), так и той же «Делимобиль» в ходе других узконаправленных углублённых исследований (по другим видам работ, по маркам автомобилей, по моделям автомобилей, по классам автомобилей и т. д.).

Литература:

1. Рыжов, Т. А. Снижение простоев при проведении шиноремонтных работ на автомобилях, используемых в системе каршеринга компанией «Делимобиль»/Рыжов Т. А., Воробьёв И. В. // Молодой учёный. — К., 2020. — № 7 (297). — с. 44-46.;
2. https://yandex.ru/maps/213/moscow/?ll=37.768581%2C55.777204&source=tableau_morda-newtab&utm_campaign=maps&utm_medium=morda-newtab&utm_source=tableau_morda-newtab&z=12.6 (Дата обращения: 30.11.2019);
3. <https://2gis.ru/moscow> (Дата обращения: 30.11.2019);
4. Рыжов, Т. А. Организация процесса обслуживания автомобилей, используемых в системе каршеринга: ВКР бакалавра: 43.03.01/Т. А. Рыжов. — М.: МАДИ 2018. — 60 с.

Научное издание

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Выпускающий редактор Г. А. Кайнова
Ответственные редакторы Е. И. Осянина, О. А. Шульга
Оформление обложки Е. А. Шишков
Подготовка оригинал-макета П. Я. Бурьянов

Материалы печатаются в авторской редакции

Подписано в печать 24.07.2020. Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 2,80. Тираж 300 экз.

Издательство «Молодой ученый». 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый»,
420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25