

УДК 004.94
DOI 10.17513/snt.39790

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ О ПРОВЕДЕНИИ КОСМЕТИЧЕСКОГО РЕМОНТА ПОМЕЩЕНИЙ

Качалин В.С., Калугин А.В.

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)», Москва,
e-mail: vasilij.kachalin@gmail.com

На текущий момент область, связанная с косметическими ремонтами, не автоматизирована, хотя тенденция в информатизации различных сфер жизни прослеживается очень сильно. В частности, не автоматизирован процесс принятия решения о проведении косметического ремонта помещений, что влечет за собой траты временных и финансовых ресурсов на данный этап. Связано это с тем, что в мире отсутствуют научные исследования, касающиеся рассматриваемой в статье сферы. Данная работа открывает серию исследований, посвященных системе принятия решения о проведении косметического ремонта помещений. В статье предложена математическая модель процесса принятия этого решения, которая учитывает имеющиеся факторы и установленные ограничения, оказывающие непосредственное влияние на принимаемое решение. За основу математической модели взята взвешенная средняя арифметическая. Благодаря этому каждый фактор обладает своим весовым коэффициентом, который регулирует степень его влияния на принимаемое решение. Ограничения учитываются в модели в виде разницы между единицей и отношением значения фактора к значению ограничения, это позволяет пренебречь незначительным превышением ограничения при условии, что все остальные факторы говорят о необходимости принятия положительного решения. Само решение принимается исходя из положения полученного числа относительно некоторой границы смены решения. Для определения весовых коэффициентов использовался генетический алгоритм, который был запущен на тренировочных и проверочных наборах данных. В ходе этого были обнаружены оптимальные весовые коэффициенты и значение границы смены решения для рассматриваемого в статье множества факторов и ограничений. В завершение работы был проведен анализ полученных результатов, который позволил сделать некоторые рекомендации по настройке генетического алгоритма для переопределения весовых коэффициентов модели. Предложенная в работе математическая модель является основой для будущих исследований и разработок по автоматизации процесса принятия решения о проведении косметического ремонта помещений.

Ключевые слова: косметический ремонт, принятие решения, математическая модель, генетический алгоритм, факторы, ограничения

MATHEMATICAL MODEL OF THE DECISION-MAKING PROCESS ON CARRYING OUT COSMETIC REPAIRS OF PREMISES

Kachalin V.S., Kalugin A.V.

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow,
e-mail: vasilij.kachalin@gmail.com

At the moment, the area related to cosmetic repairs is not automated, although the trend in informatization of various spheres of life is very strong. In particular, the decision-making process on carrying out space repairs of premises is not automated, which entails spending time and financial resources at this stage. This is due to the fact that there are no scientific studies in the world concerning the sphere considered in the article. This work opens a series of studies devoted to the decision-making system for carrying out cosmetic repairs of premises. In this article, a mathematical model of the decision-making process is proposed, which takes into account the existing factors and established restrictions that have a direct impact on the decision being made. The weighted arithmetic mean is taken as the basis of the mathematical model. Due to this, each factor has its own weighting factor, which regulates the degree of its influence on the decision being made. Constraints are taken into account in the model in the form of the difference between the unit and the ratio of the factor value to the constraint value, this allows to neglect a slight excess of the constraint, provided that all other factors indicate the need to make a positive decision. The decision is made based on the position of the obtained number relative to a certain boundary of the decision change. The weight coefficients were determined using a genetic algorithm that was run on training and verification datasets. In the course of this, optimal weight coefficients and the value of the boundary of the decision change were found for the set of factors and constraints considered in the article. At the end of the work, an analysis of the obtained results was carried out, which allowed to make some recommendations on setting up a genetic algorithm for redetermining the weight coefficients of the model. The mathematical model proposed in the paper is the basis for future research and development on automation of the decision-making process on carrying out cosmetic repairs of premises.

Keywords: cosmetic repairs, decision-making, mathematical model, genetic algorithm, factors, limitations

Вопрос о проведении косметического ремонта помещений рано или поздно встает перед каждым человеком и организацией, обладающей недвижимым имуществом.

Состояние внутренней отделки в процессе эксплуатации здания со временем ухудшается ввиду различных причин, например случайного физического повреждения.

В этом случае встает вопрос о целесообразности проведения косметического ремонта. Однако однозначно ответить на этот вопрос нельзя, ведь на принятие решения могут повлиять различные факторы и ограничения, которые к тому же могут варьироваться от владельца помещений к владельцу. При одной совокупности факторов и ограничений принимается положительное решение о начале выполнения ремонтных работ, при другой – предложение о проведении ремонта отклоняется.

Сейчас такое решение принимается в «ручном режиме»: уполномоченный человек должен осмотреть помещения, ознакомиться с имеющейся информацией и документацией, принять во внимание налагаемые ограничения, например максимально допустимую стоимость работ, спрогнозировать примерный срок выполнения ремонта и, основываясь на проведенном анализе имеющихся данных, принять решение. Это затратно с точки зрения времени и денежных ресурсов, которые идут на оплату труда специалиста. В идеале данный процесс должен быть автоматизирован, что позволит оптимизировать работу предприятий, работающих в сфере косметических ремонтов.

В современном мире существует тенденция к внедрению информационных технологий во многие процессы, включая принятие решений в различных сферах, например в области менеджмента [1] и в экономике [2]. Однако данная тенденция, к сожалению, обошла стороной процесс принятия решения о проведении косметического ремонта помещений. Можно возразить, что все-таки существуют такие исследования, например [3-6], но стоит отметить, что данные научные работы затрагивают тему капитальных ремонтов, а не косметических. Соответственно область, связанная с косметическими ремонтами помещений недвижимого имущества, на текущий момент не обладает результатами научных работ и требует решения данной проблемы. Одним из первых шагов в реализации данного решения является создание математической модели, которая будет имитировать процесс принятия решения о проведении косметического ремонта помещения. Разработка данной математической модели позволит опираться на нее в будущих исследованиях, связанных с косметическими ремонтами помещений, которые впоследствии приведут к автоматизации данной сферы.

Целью данной работы является формирование математической модели процесса принятия решения о проведении косметического ремонта помещения с учетом имеющихся факторов и налагаемых ограничений.

Материалы и методы исследования

Прежде всего, стоит установить конечное множество ответов, из которых система будет извлекать самый релевантный в конкретной ситуации с учетом имеющихся факторов и ограничений. Для данной задачи – принимать решение о проведении косметического ремонта – будет достаточной четкая логика, которая допускает существование только двух ответов – «Истина» и «Ложь», «Да» и «Нет», «Следует проводить ремонт» и «Не следует проводить ремонт». Использование нечеткой логики, которая расширяет множество ответов до трех и более, не имеет смысла, поскольку системе стоит дать четкий ответ о необходимости проведения косметического ремонта без какой-либо неопределенности.

Исходя из того, что у системы есть только два варианта ответа, математическая модель должна выдавать результат из двух возможных значений. Но так как результат математической функции число, а результат модели представляет собой ответ из конечного множества элементов «Да» и «Нет», необходимо наличие порога, который будет приводить результат к одному из ответов. Будем называть такой порог *границей смены решения*. Условимся, что ответу «Да» соответствует 1, а ответу «Нет» – 0. Общий вид такой математической модели выглядит следующим образом:

$$r = \begin{cases} 1, f(\bar{x}, \bar{y}) \geq a \\ 0, f(\bar{x}, \bar{y}) < a \end{cases} \quad (1)$$

где r – результат работы системы; $f(\bar{x}, \bar{y})$ – функция учета факторов и ограничений; \bar{x} – вектор факторов размерностью n ; \bar{y} – вектор ограничений размерностью $\leq n$; a – граница смены решения.

Компактнее записать модель (1) можно с помощью скобки Айверсона, тогда она примет следующий вид:

$$r = [f(\bar{x}, \bar{y}) \geq a]. \quad (2)$$

Записав математическую модель в общем виде, необходимо раскрыть функцию учета влияющих на принятие решения факторов и ограничений.

Каждый фактор должен обладать своим коэффициентом, иначе говоря, весом, который показывает степень влияния фактора на результат. На основе этого очевидным решением будет вести учет факторов с помощью взвешенной средней арифметической, которая подразумевает под собой наличие весовых коэффициентов у слагаемых, т.к. оценивается совокупное влияние факторов на принятие решения. Другие

средние не подойдут по следующим причинам: средняя геометрическая отображает темпы роста; средняя гармоническая применяется при неизвестных весовых коэффициентах. Таким образом, функция учета факторов и ограничений приобретает следующий вид:

$$f(\bar{x}, \bar{y}) = \frac{w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_nx_n}{w_1 + w_2 + \dots + w_n} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i}, \quad (3)$$

где $f(\bar{x}, \bar{y})$ – функция учета факторов и ограничений; \bar{x} – вектор факторов размерностью n ; \bar{y} – вектор ограничений размерностью $\leq n$; w_i – вес i -го фактора; x_i – i -й фактор.

При этом факторы, на которые накладываются ограничения, должны учиты-

вать эти самые ограничения. Реализовать это можно с помощью разницы между единицей и отношением значения фактора к значению ограничения. В таком случае превышение фактором ограничения даст отрицательную величину, которая будет смещать результат в сторону ниже границы смены решения. Однако в таком случае при превышении ограничений может сложиться ситуация, когда модель выдает решение о проведении косметического ремонта. Такое поведение модели допускается для того, чтобы можно было пренебречь незначительным превышением ограничения при условии, что все остальные факторы говорят о необходимости выполнения косметического ремонта. Тогда формула (3) примет вид:

$$f(\bar{x}, \bar{y}) = \frac{w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_k \left(1 - \frac{x_k}{y_1}\right) + w_{k+1} \left(1 - \frac{x_{k+1}}{y_2}\right) + \dots + w_n \left(1 - \frac{x_n}{y_{n-k+1}}\right)}{w_1 + w_2 + \dots + w_k + w_{k+1} + \dots + w_n} =$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^{k-1} w_i x_i + \sum_{j=k}^n w_j \left(1 - \frac{x_j}{y_{j-k+1}}\right)}{\sum_{i=1}^n w_i}, \quad 0 < k \leq n, \quad (4)$$

где $f(\bar{x}, \bar{y})$ – функция учета факторов и ограничений; \bar{x} – вектор факторов размерностью n ; \bar{y} – вектор ограничений размерностью $n - k + 1$; w_i – вес i -го фактора; x_i – i -й фактор; y_i – i -е ограничение.

Очевидно, что в результате функции (4) могут получаться разные числа, чтобы было удобнее обрабатывать результат, эти числа следует нормализовать. Однако для нормализации необходимо знать минимальное и максимальное возможные значения

функции, которые в данном случае являются $-\infty$ и $+\infty$ соответственно. Это следует как минимум из того, что хоть факторы и ограничения в действительности не могут быть бесконечными (например, бюджет), теоретически данные параметры модели не ограничены. Исходя из этого, нормализовать выход функции не представляется возможным.

Таким образом, математическая модель (2) приобретает вид:

$$r = \left[\frac{\sum_{i=1}^{k-1} w_i x_i + \sum_{j=k}^n w_j \left(1 - \frac{x_j}{y_{j-k+1}}\right)}{\sum_{i=1}^n w_i} \geq a \right], \quad 0 < k \leq n, \quad (5)$$

где r – результат работы математической модели системы; w_i – вес i -го фактора; x_i – i -й фактор; y_i – i -е ограничение; a – граница смены решения.

Дальнейшая часть статьи касается частного случая, т.к. в математическую модель могут быть введены различные дополнительные факторы и ограничения, влияющие на процесс принятия решения о проведении

косметического ремонта. Данное изменение множества факторов и ограничений приведет к необходимости переопределения весовых коэффициентов.

Факторы представляют собой независимые от человека обстоятельства, которые влияют на принимаемое решение, ограничения – накладываемые человеком условия, которым должны удовлетворять факторы.

Для определения весовых коэффициентов факторов необходимо предварительно установить, какие факторы и ограничения будут учитываться в модели. Далее приведен список ограничений и факторов, влияющих на принятие решения о проведении косметического ремонта помещения.

Количество дефектов внутренней отделки одного вида. Большое количество дефектов одного вида будет склонять систему к решению о проведении косметического ремонта, при этом отсутствие дефектов конкретного вида не будет влиять на принятие решения.

Площадь дефектов одного вида. Дефектов может быть много, однако пораженная площадь может быть небольшой (скопление мелких трещин в месте единоразового физического приложения силы к стене), и наоборот (одна трещина может разрастись на всю стену), и это стоит учитывать при принятии решения.

Т.к. количество и площадь дефектов одного вида относятся к одному и тому же смысловому объекту – дефекту, то имеет смысл учитывать их совместно в виде произведения. Что касается веса, то предлагается установить для всех видов дефектов одно и то же значение, чтобы каждый вид имел одинаковый вклад в принятие решения.

Бюджет. Данный пункт представляет собой ограничение, в которое должен уложиться по стоимости планируемый ремонт. Т.е. бюджет допускает расходы ниже или равные конкретному числу.

Стоимость выполнения ремонта. Данный фактор представляет собой совокупность всех сопутствующих ремонту трат. Сюда включаются стоимость материалов, стоимость отдельных видов работ и т.д.

Прогнозируемое время ремонта. Немаловажным моментом является знание предположительной продолжительности ремонтных работ. Допустим, что такой показатель уже имеется, т.к. его определение – тема отдельного исследования.

Требуемое время ремонта. Ограничение, которое накладывается на прогнозируемое время ремонта. Аналогично бюджету, ограничиваемый фактор должен быть ниже или равен конкретному числу.

Прогнозируемое изменение стоимости материалов. Стоимость материалов имеет свойство изменяться по различным причинам, например перепроизводство, сезон проведения строительных и ремонтных работ. Поэтому немаловажным фактором является ее изменение. Условимся, что такой показатель также уже известен.

Квалификация ремонтной бригады. Оценить профессиональный уровень ре-

монтной бригады можно в виде произведения стажа бригады на разницу между количеством успешных и проваленных ремонтных проектов. Очевидно, что такое вычисление данного фактора не совсем корректно ввиду того, что состав бригады может меняться, и это никаким образом не учитывается, однако для демонстрации примера определения весовых коэффициентов разработанной математической модели это приемлемо.

Оценка старости используемых материалов. На принятие решения о проведении косметического ремонта влияет степень старости используемых материалов, т.к. более старую отделку имеет смысл заменить, не дожидаясь возникновения большого количества дефектов. Имеет смысл оценивать данный показатель в виде числа на промежутке $[-1,1]$, где оценка -1 означает новые материалы, срок эксплуатации которых только начался, а 1 – материалы, срок эксплуатации которых закончился. Соответственно, число 0 означает материал на середине своего срока эксплуатации. Также можно оценивать данный параметр на промежутке $[0,1]$, чтобы новые материалы не склоняли модель к отказу от выполнения косметического ремонта, но в данной работе рассматривался именно первый вариант промежутка.

На текущем этапе необходимо определить веса факторов, влияющих на принятие решения и границу смены решения в математической модели (5). Эта задача весьма нетривиальна, учитывая, что веса и граница должны соотноситься друг с другом, чтобы математическая модель выдавала релевантный результат. Для этого необходимо выбрать один параметр, веса либо границу, и зафиксировать, чтобы была возможность регулировать второй параметр относительно первого. Исходя из этого возникают два возможных варианта решения этой проблемы. Первый вариант – установить веса для каждого фактора, зафиксировать их и выполнять работу по поиску оптимальной границы смены решения. Второй вариант – выбрать конкретную границу смены решения и регулировать веса математической модели. Первый подход требует скрупулезного выбора весов модели, при том что сложность выбора будет возрастать с количеством факторов. Второй подход не обладает данными сложностями ввиду того, что регулирование весов происходит относительно одной конкретной величины. Далее будет описан вариант с регулированием весов математической модели относительно границы смены решения.

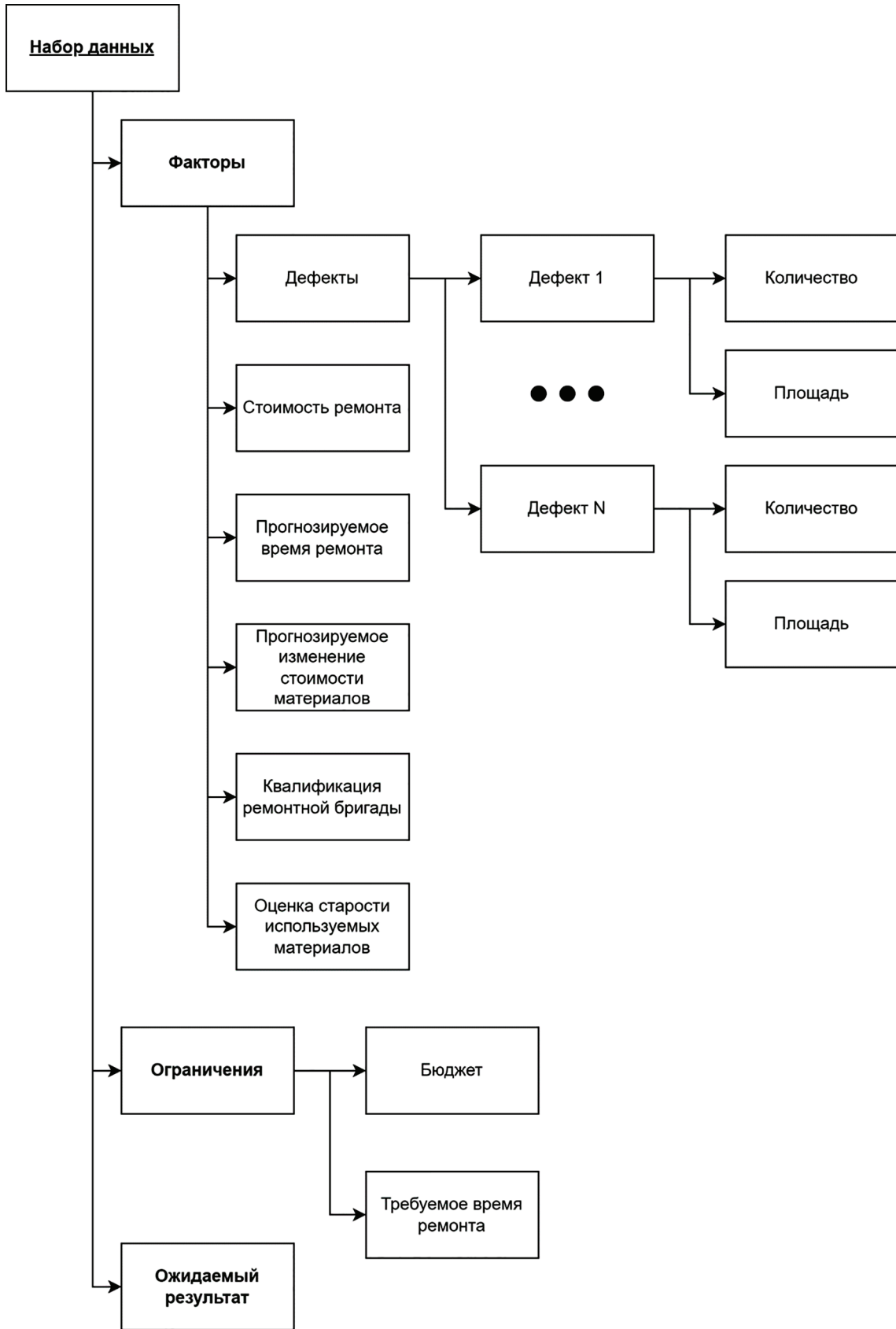


Рис. 1. Структура тренировочного и проверочного наборов данных

Для определения оптимальных весов на языке программирования Python 3.9.4 был реализован генетический алгоритм. Генетические алгоритмы опираются на принципы эволюции в природе с имитацией естественного отбора и случайных мутаций решений задач [7].

Для определения весов генетическому алгоритму необходимы исходные данные в виде факторов, ограничений и ожидаемого результата, на которые алгоритм опирается при формировании весов. В данном исследовании имелось 10 тренировочных и 5 проверочных наборов данных, представленных в формате JSON. Такой небольшой объем данных объясняется тем, что перед данной частью исследования ставилась задача продемонстрировать возможность определения весов математической модели принятия решения о проведении косметического ремонта таким способом. На тренировочных данных генетический алгоритм пытался подобрать оптимальные веса, которые впоследствии тестировались на проверочных данных. Наборы данных представляют собой совокупность факторов, ограничений и ожидаемый результат. Структура таких данных представлена на рисунке 1. Наборы тренировочных и проверочных данных были получены у профильного эксперта.

Как было сказано ранее, генетический алгоритм имитирует процесс эволюции, в ходе которого получается наилучшее решение, в рамках данной статьи – набор наилучших весовых коэффициентов. Алгоритм симулировал скрещивание нескольких решений, вследствие чего образовывались новые последовательности весов, приспособленность которых оценивалась в виде количества принятых решений, соответствующих ожидаемым из наборов данных (чем выше приспособленность, тем наиболее удачные оказались веса и тем лучше принимает решения математическая модель).

Генетический алгоритм запускался для нескольких границ смены решения, которые составляют значения в промежутке от 5 до 45 включительно с шагом 5. Также исследовались две ситуации с нижними границами весов: –10 и 0, верхняя граница значений весов всегда оставалась равной 10. Для каждой комбинации «граница смены решения / нижняя граница весов» генетический алгоритм выполнялся по 1000 раз для сбора статистических данных. В задаче рассматривались следующие веса: вес дефекта, вес соответствия бюджету, вес изменения стоимости материалов, вес соответствия требуемому времени, вес квалификации ремонтной бригады, вес степени

старости используемого материала. В «популяции» присутствовало 50 особей-коэффициентов. За максимальное количество «популяций» было взято число 15 000. Значение вероятности «мутаций», т.е. случайным образом изменение случайного веса на любое ненулевое значение в допустимых пределах, было установлено 0,3. Для создания новой «популяции» решений применялся метод отбора усечением с границей 0,4. За точку останова была взята ситуация, когда все принятые решения соответствуют ожидаемым либо количество «популяций» достигло определенного числа. Далее в таблице 1 приведены вышеперечисленные параметры, которые были заданы генетическому алгоритму.

Таблица 1

Значения параметров генетического алгоритма для поиска оптимальных весов математической модели принятия решения о проведении косметического ремонта помещения

Параметр	Значение
Граница смены решения	[5...45] с шагом 5
Количество весов	6
Минимальное допустимое значение веса	0/-10
Максимальное допустимое значение для веса	10
Количество особей в популяции	50
Максимальное количество популяций	15000
Вероятность мутаций	0,3
Доля среза для метода усечения	0,4
Количество циклов для каждого значения изменяемых параметров	1000

По итогам выполнения генетического алгоритма при всех изменяемых параметрах и тестировании весовых коэффициентов в математической модели на проверочной выборке были получены статистические данные, на основе которых были построены гистограмма максимальных значений приспособленности (представлена на рисунке 2) и графики изменения среднего значения приспособленности и результатов тестирования при изменении нижней границы весов и границы смены решения (представлены на рисунках 3 и 4). Графики и гистограмма будут проанализированы в следующем разделе.

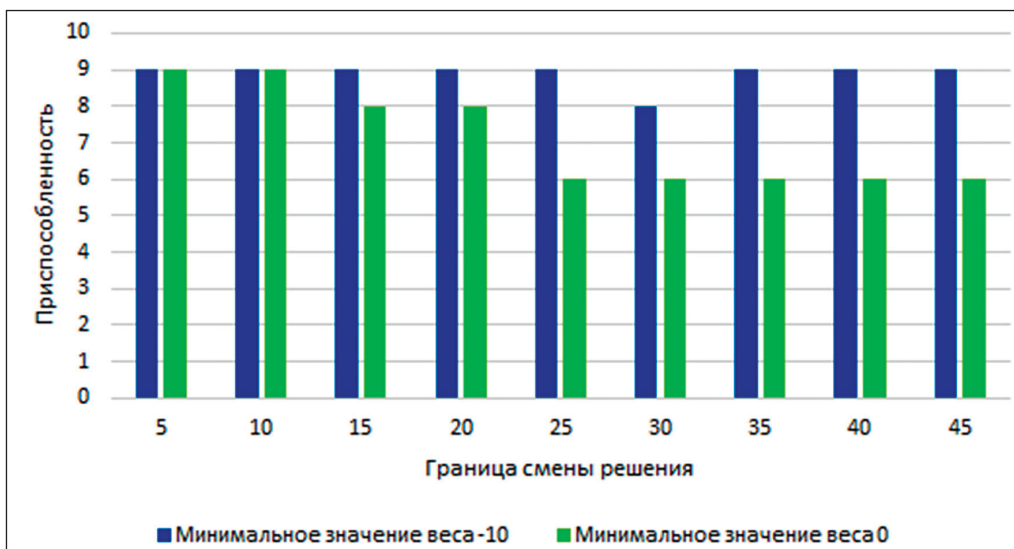


Рис. 2. Гистограмма максимальных значений приспособленности

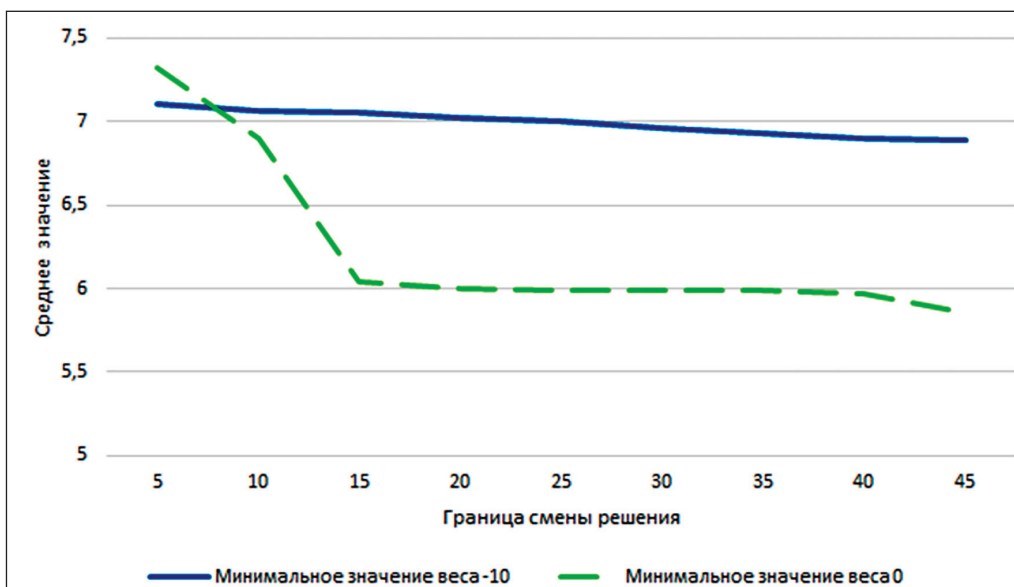


Рис. 3. Изменение среднего арифметического приспособленности

Таблица 2

Один из лучших наборов весовых коэффициентов математической модели при границе смены решения, равной 5, полученный с помощью генетического алгоритма

Весовой коэффициент	Значение
Вес дефекта	0,0401
Вес соответствия бюджету	-7,5762
Вес изменения стоимости материалов	-9,8096
Вес соответствия требуемому времени	1,766
Вес квалификации ремонтной бригады	-6,3207
Вес степени старости используемого материала	1,2336

Исходя из представленных выше графиков и гистограммы, для получения весовых коэффициентов математической модели (5) генетический алгоритм был настроен следующим образом: за границу смены решения было принято значе-

ние, равное 5, а в качестве возможного минимального значения веса было взято число -10 . Далее в таблице 2 представлен один из лучших полученных наборов весов математической модели (5) при рассмотренных выше факторах.

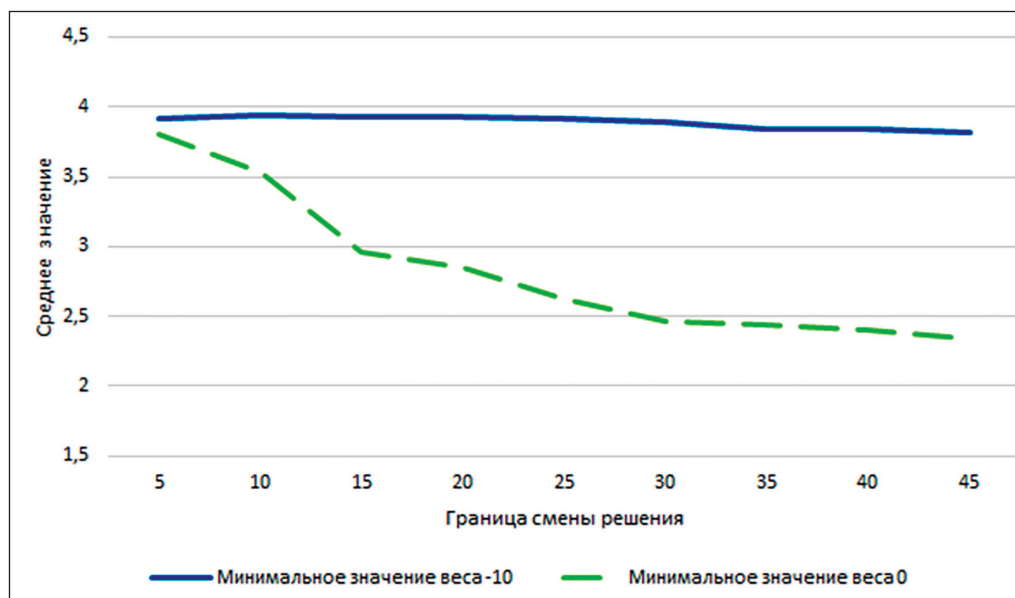


Рис. 4. Изменение среднего арифметического результатов тестирования

Таблица 3

Сводная таблица с результатами применения математической модели при границе смены решения, равной 5

		Первый набор	Второй набор	Третий набор
Факторы	Трещина (кол-во; площадь)	4; 2	8; 15	5; 1,2
	Отслоение (кол-во; площадь)	6; 0,2	2; 2	6; 0,2
	Выбоина (кол-во; площадь)	4; 0,5	4; 0,2	1; 0,05
	Высол (кол-во; площадь)	0; 0	1; 4	2; 12
	Вздутие (кол-во; площадь)	2; 0,1	0; 0	0; 0
	Следы протечки (кол-во; площадь)	0; 0	1; 7	0; 0
	Грибок (кол-во; площадь)	0; 0	2; 0,1	3; 1
	Стоимость ремонта	52 000	26 324	29 704
	Прогнозируемое время ремонта	48	28	14
	Прогнозируемое изменение стоимости материалов	47 000	7 854	15 500
	Квалификация ремонтной бригады	26	15	23
	Оценка старости используемых материалов	0,4	0,6	0,8
Ограничения	Бюджет	52 500	30 000	32 000
	Требуемое время ремонта	72	28	15
Результат	Ожидаемый результат	Выполнить	Выполнить	Выполнить
	Результат модели	7,94	4,45	6,89
	Результат модели в лексическом представлении	Выполнить	Не выполнять	Выполнить

Стоит отметить, что при добавлении новых факторов либо ограничений в математическую модель весовые коэффициенты следует переопределить.

В таблице 3 представлены результаты применения математической модели (5) при использовании весовых коэффициентов, приведенных в таблице 2, и при границе смены решения, равной 5, на некоторых проверочных наборах данных.

Результаты исследования и их обсуждение

Полученная математическая модель (5) позволяет имитировать процесс принятия решения о проведении косметического ремонта помещения. Также стоит отметить, что т.к. в модели учитываются только факторы и ограничения, то можно использовать данную модель для принятия аналогичного решения для всего здания в целом, а не только применительно к помещениям. Необходимо только лишь определить факторы, привести их к количественному виду и установить необходимые ограничения.

Стоит обратить внимание, что может сложиться ситуация, когда значение фактора равно значению накладываемого ограничения, в таком случае весовой коэффициент будет умножаться на ноль и никакого влияния на принимаемое решение этот фактор не будет оказывать. Может показаться, что это недостаток модели, однако все вполне логично – при небольшом превышении ограничения сразу же получится отрицательное число, которое будет смещать результат ниже границы смены решения, и наоборот – при небольшой положительной разнице между ограничением и фактором будет положительно число. Ноль же обозначает полное соответствие значения фактора значению ограничения, а, следовательно, отсутствие экономии в факторе не влияет на решение.

Гистограмма, представленная на рисунке 2, демонстрирует, что при значении возможного минимального весового коэффициента равного -10 , т.е. с возможными отрицательными весами, генетический алгоритм вполне способен сформировать весовые коэффициенты, которые позволят математической модели выдавать наиболее релевантные результаты. Объясняется это тем, что генетическому алгоритму в этой ситуации проще варьировать попадание результата в определенную часть числовой прямой относительно границы смены решения. Согласно гистограмме, при минимальном допустимом значении весового коэффициента, равном 0 , при увеличении границы смены решения генетический ал-

горитм не может выдавать таких же весовых коэффициентов, обеспечивающих релевантную работу математической модели.

Средние арифметические на графиках (рис. 3 и 4) отображают тенденцию (направление графика) и скорость (крутизна графика) изменения приспособленности весовых коэффициентов при увеличении значения границы смены решения. Так, при значении возможного минимального весового коэффициента, равного -10 , графики демонстрируют стабильно высокие показатели, в то время как если веса ограничиваются неотрицательными числами, наблюдается резкое ухудшение показателей приспособленности. Данное поведение может отличаться от того, которое будет проявляться при изменении верхней границы значения весового коэффициента, однако данная ситуация не рассматривалась в данном исследовании.

Схожее поведение графиков средней приспособленности (рис. 3) и средних результатов тестирования (рис. 4) позволяет утверждать, что полученные статистические данные корректны.

В качестве границы смены решения следует использовать число 5, т.к. результаты на графиках, пусть хоть более или менее стабильны при наличии отрицательных весов, но все же имеется некоторое их ухудшение с увеличением значения границы смены решения.

Проведенный выше анализ позволяет настроить генетический алгоритм таким образом, чтобы он выдавал наилучшие весовые коэффициенты для предложенной в статье математической модели.

Представленные ранее в таблице 2 весовые коэффициенты применимы только при рассмотренных в статье факторах и ограничениях и требуют их переопределения при изменении множеств факторов и ограничений. Также стоит отметить, что это не единственные весовые коэффициенты, которые дают наилучшие результаты в рассмотренном случае.

Результаты работы математической модели, представленные в таблице 3, демонстрируют, что математическая модель (5) выполняет поставленную перед ней функцию – она моделирует процесс принятия решения о проведении косметического ремонта, основываясь на имеющихся факторах и ограничениях. Однако полученный результат при втором наборе проверочных данных демонстрирует, что математическая модель допустила ошибку из-за небольшого пересечения границы смены решения. Решение данной ошибки является предметом дальнейших исследований.

Заключение

В данной работе была представлена математическая модель процесса принятия решения о проведении косметического ремонта помещения. Данную математическую модель можно использовать для имитации процесса принятия решения о проведении косметического ремонта помещения. Также на нее можно опираться при разработке системы автоматического принятия решения о проведении косметического ремонта помещения.

С помощью эвристического подхода в виде генетического алгоритма были получены веса математической модели. Аналогичным образом можно переопределить весовые коэффициенты при изменении множеств факторов и ограничений, влияющих на принимаемое решение.

Проведен анализ полученных результатов, позволяющий настраивать генетический алгоритм таким образом, чтобы он выдавал наилучшие весовые коэффициенты для предложенной в статье математической модели.

Представлены результаты применения разработанной математической модели на некоторых проверочных данных, что демонстрирует работоспособность данной модели.

Список литературы

1. Толстых А.А., Толстых Е.С. Информационные технологии принятия управленческих решений // Территория науки. 2012. № 1. С. 114-118.
2. Шарафутдинов А.Г., Мухамадеева В.Р. Применение информационных технологий в экономике // Экономика и социум. 2015. № 6-1 (19). С. 919-921.
3. Ганзен Е.В. Методика принятия решения проведения капитального ремонта и реконструкции административных зданий: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2022. 23 с.
4. Сериков В.В., Сотникова К.Н. Экспертная система принятия решений для реконструкции зданий с учетом принципов «Зеленого Строительства» // Студенческий научный форум: материалы V Международной студенческой научной конференции. 2013. С. 1-7. URL: <https://scienceforum.ru/2013/article/2013008003> (дата обращения: 14.07.2023).
5. Семенов А.М., Горюнова А.М. Информационное и программное обеспечение принятия решений по организации капитального ремонта объектов жилищного фонда при неполных экспертных оценках // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2017. № 4. С. 117-125.
6. Абрамян С.Г., Бурлаченко О.В., Оганесян О.В., Бурлаченко А.О. Роль цифровых технологий при строительстве и повышении остаточного ресурса промышленной и строительной продукции // Вестник волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. № 4 (81). С. 429-437.
7. Вирсански Э. Генетические алгоритмы на Python. М.: ДМК Пресс, 2020. 286 с.