ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

Баркалов С.А., Моисеев С.И., Серебрякова Е.А.

Российская Федерация, г. Воронеж,
Воронежский государственный технический университет

Аннотация. В работе представлена динамическая модель, описывающая процесс принятия решений в строительной сфере, которая состоит из трех этапов: постановки задачи, анализа имеющихся альтернатив, и выбора оптимального решения. Математическое моделирование основано на применении теории марковских случайных процессов. Проанализированы временные зависимости своевременного выполнения этапов от внешних параметров, влияющих на процесс принятия решений.

Ключевые слова: принятие решений, альтернативы, динамический процесс, математическое моделирование, марковские случайные процессы.

Успех любой деятельности в экономической, управленческой, технологической и иной сфере, несомненно, напрямую зависит от качества и эффективности принятия решений. Сфера строительства здесь не исключение. Наоборот, в последнее время это одна из интенсивно развивающихся отраслей, которая дает большой вклад в валовый продукт России. Одновременно с этим, разрабатывается большое число технических решений [1, 2], которые формируют множество инновационных строительных проектов, поэтому, процесс принятия решений по выбору лучших проектов является крайне актуальным.

В данной работе будет рассмотрена математическая модель, которая в динамике позволить описать процесс принятия решений в сфере строительства и оптимизировать процедуру выбора наиболее привлекательной альтернативы.

Будем отталкиваться от классической модели принятия решений, которая описана в работах [1-6]. Согласно этой модели, процесс принятия решений содержит три этапа [1-3]:

1) этап постановки задачи, выявление основных проблем, анализ технологических возможностей (как правило, связанных с ресурсами) и выбор направлений для наиболее эффективной реализации поставленной задачи;

2) этап формирование возможных альтернатив для решения поставленной задачи, которые построены на основании предыдущего этапа, формирование критериев, позволяющих оценить возможные альтернативы, экспертное оценивание альтернатив и выбор математической модели для обработки результатов экспертного оценивания;

3) этап непосредственного принятия решения, то есть выбор наиболее привлекательной альтернативы, которая определяется по выбранной математической модели на основании расчетов по ней.

Однако, учитывая постоянно нарастающую динамику изменения условий функционирования любой отрасли, особенно строительной, процесс принятия решений и следующий за ним процесс реализации строительных проектов очень сильно зависит от большого числа случайных факторов и воздействий, что приводит к постоянной смене требований и условий при принятии решений [7]. При математическом моделировании процесса принятия решений в таких условиях рационально применять вероятностные методы. Наиболее эффективными из них, к тому же учитывающие временное влияние, являются методы, основанные на теории случайных процессов [8-10].

Предпосылками использования математических методов, связанных с теорией случайных процессов, является то, что на процесс принятия решений в сфере строительства, оказывает влияние большое число случайных факторов, которые влияют независимо друг от друга, что позволяет сделать вывод о том, что случайные процессы, протекающие в таких системах можно считать марковскими. Это позволяет при моделировании процесса принятия решений, применять теорию и методы марковских случайных процессов с непрерывным временем и дискретным состоянием [11].

Рассмотрим некоторый процесс принятия решений в сфере строительства, который можно описать следующими состояниями:

S_1 – первый этап принятия решений, переход из данного состояния осуществляется при наступлении второго этапа;

S_2 – второй этап принятия решений, переход данного из состояния осуществляется при наступлении третьего этапа;

S_3 – третий этап принятия решений, переход данного из состояния осуществляется при окончательном принятии решений;

S_4 – решение принято, процесс принятия решений завершен.

Определим параметры рассматриваемого случайного процесса. По теории марковских случайных процессов, переходы между состояниями S_i и S_j должны происходить под влиянием пуассоновского потока событий (что обеспечивается независимостью внешних воздействий) с интенсивностью λ_{ij}. Эта интенсивность связана со средним временем T_{ij} нахождения системы в состоянии S_i до перехода ее в состояние S_j:

$$\lambda_{ij}=1/T_{ij}.$$

Учитывая вышесказанное, определим следующий набор параметров:

$\lambda_1 = 1/T_1$, где T_1 – среднее время проведения первого этапа принятия решений в сфере строительства;

$\lambda_2 = 1/T_2$, где T_2 – среднее время проведения второго этапа принятия решений в сфере строительства;

$\lambda_3 = 1/T_3$, где T_3 – среднее время проведения третьего этапа принятия решений в сфере строительства и завершением процесса принятия решений.

На основании этого можно построить граф состояний случайного процесса, который на рисунке 1.

$$\boxed{S_1} \xrightarrow{\lambda_1 = 1/T_1} \boxed{S_2} \xrightarrow{\lambda_2 = 1/T_2} \boxed{S_3} \xrightarrow{\lambda_3 = 1/T_3} \boxed{S_4}$$

Рисунок 1. Граф состояний случайного процесса принятия решений

Для анализа динамического поведения этапов развития случайного процесса нужно рассчитать временные зависимости вероятностей каждого состояния случайного процесса $P_1(t)$, $P_2(t)$, $P_3(t)$ и $P_4(t)$. Данные вероятности имеют смысл возможности в произвольный момент времени t находится в соответствующем находиться в каждом состоянии S_1, S_2, S_3 или S_4. При этом вероятность $P_4(t)$ характеризует возможность окончания всей процедуры принятия решений.

Согласно представленной модели процесса принятия решений для сферы строительства, для достижения поставленной задачи необходимо решать систему независимых дифференциальных и алгебраических уравнений Колмогорова вида [8]:

$$\begin{cases} \dfrac{dP_1(t)}{dt} = -\lambda_1 P_1(t); \\ \dfrac{dP_2(t)}{dt} = \lambda_1 P_1(t) - \lambda_2 P_2(t); \\ \dfrac{dP_3(t)}{dt} = \lambda_2 P_2(t) - \lambda_3 P_3(t); \\ P_1(t) + P_2(t) + P_3(t) + P_4(t) = 1. \end{cases} \qquad (1)$$

Данную систему будет дополнять начальные условия, которые показывают, что процесс принятия решений в сфере строительства, начинается с первого этапа:

$$P_1(0) = 1;\ P_2(0) = 0;\ P_3(0) = 0;\ P_4(0) = 0, \qquad (2)$$

В результате решения системы (1) с ограничениями (2), получим следующие вероятности состояний [12-14]:

$$
\begin{aligned}
&P_1(t) = \exp(-\lambda_1 t);\\
&P_2(t) = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1}\left(\exp(-\lambda_1 t) - \exp(-\lambda_2 t)\right);\\
&P_3(t) = \lambda_1\lambda_2 \cdot \left[\frac{\exp(-\lambda_1 t)}{(\lambda_1 - \lambda_2)(\lambda_1 - \lambda_3)} + \frac{\exp(-\lambda_2 t)}{(\lambda_2 - \lambda_1)(\lambda_2 - \lambda_3)} + \frac{\exp(-\lambda_3 t)}{(\lambda_1 - \lambda_3)(\lambda_2 - \lambda_3)}\right];\\
&P_4(t) = 1 - P_1(t) - P_2(t) - P_3(t).
\end{aligned}
\tag{3}
$$

Проанализируем полученное аналитическое решение задачи.

На рисунке 2 приведены графики состояний случайного процесса в зависимости от времени принятия решений. Временной диапазон измеряется в сутках и на графике указан интервал от 0 до 10 суток.

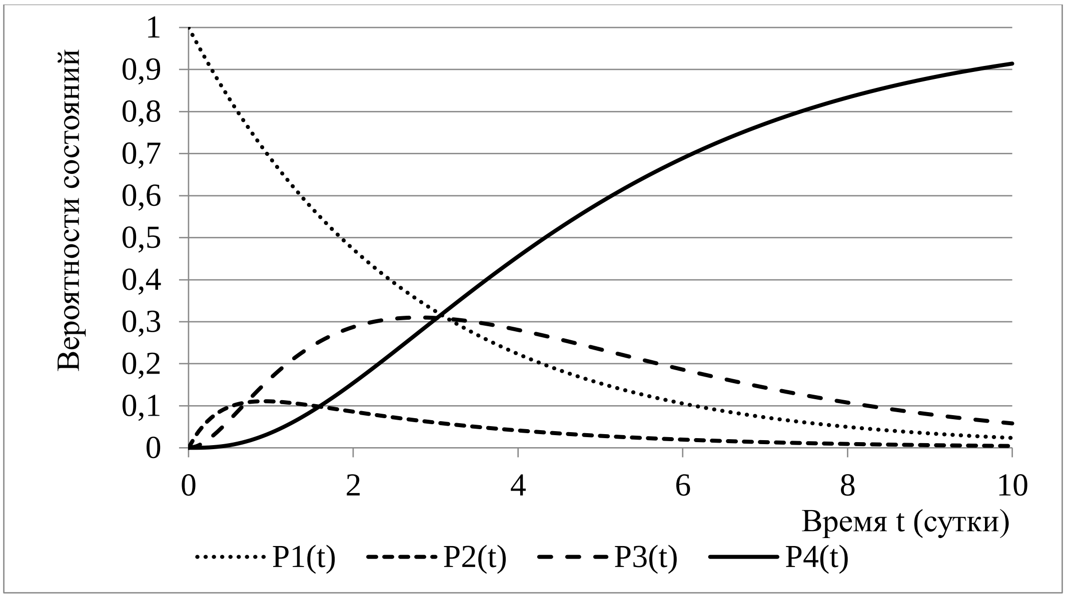

Рисунок 2. Вероятности состояний случайного процесса при T_1=2,5, T_2=2,5, T_3=2 (сутки)

Как видно из рис. 2, вероятности завершения первого и второго этапов принятия решений имеют максимумы, а вероятность завершения всего процесса стремится к единице, что согласуется с условиями задачи.

Рассмотрев влияние параметров T_1, T_2 и T_3 на вероятности состояний, были получены следующие результаты. С увеличением среднего времени каждого этапа осуществления процесса принятия решений в сфере строительства, вероятность окончания процесса принятия решений уменьшается, вероятность завершения первого этапа не зависит от T_2 и T_3, а вероятность завершения второго не зависит от T_3, что очевидно, так как эти этапы завершились.

Таким образом, описанная в работе модель принятия решений в сфере строительства позволяет оценивать вероятности выполнения как всей процедуры принятия решений, так и проводить анализ отдельных ее этапов в динамике, что позволит планировать свои действия при реализации процесса управленческих решений для оперативного управления строительными проектами. Путем перераспределения временных, трудовых и материальных ресурсов для стадий процесса принятия решений, можно прогнозировать временные и вероятностные характеристики строительства и добиваться более высокого качества организации работ в строительной сфере [15].

Список литературы

1. Гладкова Ю.В., Гладков В.П. Этапы принятия управленческих решений // Вестник Пермского государственного технического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2010. № 4. С. 39-44.

2. Маликов Д.З. Этапы разработки управленческих решений // Вестник науки. 2020. Т. 4. № 5 (26). С. 116-120.

3. Попков М.В. Основные этапы принятия управленческих решений // Мировая наука. 2019. № 5 (26). С. 571-576.

4. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. М.: Логос, 2002. 342 с.

5. Моисеев С.И., Зайцев А.А. Методы принятия оптимальных решений: учеб. пособие. Воронеж: АОНО ВО «Институт менеджмента, маркетинга и финансов», 2016. 144 с.

6. Малыхин В.И., Моисеев С.И. Математические методы принятия решений: учебное пособие. Воронеж: ВФ МГЭИ, 2009. 102 с.

7. Ананьев А.В., Иванников К.С., Моисеев С.И. Методика принятия решений в условиях неопределенности с использованием теории латентных переменных // Системы управления и информационные технологии. 2022. № 2 (88). С. 31-36.

8. Барлаков С.А., Моисеев С.И., Порядина В.Л. Модели и методы в управлении и экономике с применением информационных технологий: учебное пособие. СПб.: Интермедия, 2017. 264 с.

9. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. М.: Высш. шк., 1998. 354 с.

10. Волков И.К., Зуев СМ., Цветкова Г.М. Случайные процессы : учеб. для вузов / под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. 448 с.

11. Маталыцкий М.А. Элементы теории случайных процессов: учеб. пособие. Гродно : ГрГУ, 2004. 326 с.

12. Арнольд В.И. Обыкновенные дифференциальные уравнения. - М.: МЦНМО, 2012. 344 с.

13. Агафонов С.А. Дифференциальные уравнения. Вып. VIII. - М.: МГТУ, 2011. 347 с.

14. Амелькин В.В. Автономные и линейные многомерные дифференциальные уравнения. - М.: УРСС, 2010. 144 с.

15. Баркалов С.А., Моисеев С.И., Серебрякова Е.А. Математическая модель оптимального распределения ресурсов в строительной сфере в условиях их дефицита. // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника, 2023. N 23 (1). С. 89-99.

DYNAMIC MODEL OF THE DECISION MAKING PROCESS IN THE CONSTRUCTION FIELD

S.A. Barkalov, S.I. Moiseev, E.A. Serebryakova

*Voronezh State Technical University,
Voronezh, Russian Federation*

Abstract. The paper presents a dynamic model that describes the decision-making process in the construction industry, which consists of three stages: problem statement, analysis of available alternatives, and selection of the optimal solution. Mathematical modeling is based on the application of the theory of Markov random processes. The time dependences of timely completion of stages on external parameters influencing the decision-making process are analyzed.

Keywords: decision making, alternatives, dynamic process, mathematical modeling, Markov random processes.