

Применение рекурсивных алгоритмов в транспортной безопасности

*Д.С. Алтынов¹, Е.В. Пиневиц², А.Е. Годунов¹, М.А. Дергунова¹,
А.Р. Полулях²*

¹ Ростовский государственный университет путей сообщения

² Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: В статье проведен анализ элементов рекурсии и методов ее оптимизации, дано название элементам строения рекурсии, проведен анализ, показан псевдокод. Раскрывается актуальность использования рекуррентного подхода при проведении досмотровых мероприятий в целях обеспечения транспортной безопасности. Указываются алгоритмы действий подразделений транспортной безопасности, основанных на рекурсии.
Ключевые слова: Рекурсия, транспортная безопасность, досмотр, мемоизация, сегментация, зона транспортной безопасности.

Рекурсия в своем простейшем виде представляет бесконечно повторяющуюся, само-вызывающуюся функцию. Рекурсивные алгоритмы чаще всего используются в математике, информатике, физике. Рекурсивный метод идентификации при проведении мероприятий по досмотру лиц, находящихся на объектах транспортной инфраструктуры, может быть использован в целях обеспечения транспортной безопасности.

Транспортная инфраструктура в силу своей специфики, технологичности, технического уровня производственной базы, условий функционирования, сама по себе может являться источником техногенной, криминогенной и других опасностей [1,2]. В связи с этим, закрепленная Федеральным законом «О транспортной безопасности» необходимость реализации комплекса мероприятий по обеспечению транспортной безопасности, напрямую способствует безопасному функционированию транспортного комплекса, а также недопущению совершения актов незаконного вмешательства в его деятельность [3,4].

Результатами реализации субъектами транспортной инфраструктуры и перевозчиками требований по обеспечению транспортной безопасности (далее – Требования), является нейтрализация угроз совершения актов

незаконного вмешательства, в том числе, террористической направленности, в зоне транспортной безопасности (далее – ЗТБ).

Важнейшей задачей подразделений транспортной безопасности (далее – ПТБ), наряду с выявлением лиц и транспортных средств, допуск которых в зону транспортной безопасности не имеет правовых оснований – это выявление и распознавание запрещенных (ограниченных к перевозке), соответствующими перечнями предметов и веществ, которые могут быть использованы для совершения актов незаконного вмешательства (далее – АНВ) или предметов, имеющих внешнее сходство с запрещенными. В этих целях, и в случаях, предусмотренных Требованиями на контрольно-пропускных пунктах (далее – КПП), расположенных на границах ЗТБ и ее секторов, а также непосредственно в самой ЗТБ, сотрудниками ПТБ проводятся процедуры досмотра, повторного досмотра и дополнительного досмотра в целях обеспечения транспортной безопасности [5,6].

Правила проведения досмотра, дополнительного досмотра, повторного досмотра в целях обеспечения транспортной безопасности утверждены приказом Минтранса России от 2015 года №227 и регламентируют основания, правила и порядок проведения каждого вида досмотра при перемещении объектов досмотра в ЗТБ, а также при пересечении ими границ секторов ЗТБ.

Так, например, в определенных случаях, предусмотренных Требованиями, а также в соответствии с планами обеспечения транспортной безопасности объекта транспортной инфраструктуры (далее – ОТИ), включающего критический элемент, ЗТБ которого разделена на перевозочный, технологический и сектор свободного доступа, может возникнуть такая ситуация, что объект досмотра, к примеру сотрудник, имеющий пропуск во все сектора ЗТБ, при перемещении с территории, прилегающей к ОТИ в ЗТБ, а далее в самой ЗТБ между соответствующими

секторами, может подвергаться дополнительному, повторному досмотру каждый раз при пересечении границ ЗТБ. Это будет негативно сказываться на выполнении им своих должностных обязанностей, ввиду потери времени на проведение всего комплекса досмотровых мероприятий [7,8].

Таким образом, в указанном случае, процесс досмотра можно представить в виде рекурсии – повторяющейся, само-вызывающейся функции.

Обозначим через X множество выполняемых операций в целях обеспечения транспортной безопасности:

$$X = X_1 \cup X_2 \dots \cup X_n,$$

при этом, каждая из производимых операций по выявлению лиц, не имеющих правовых оснований на нахождение в ЗТБ, а также запрещенных предметов или веществ, на выходе дает либо ложь (false) \bar{A}_i (опасность не обнаружена), либо с определенной долей вероятности истину (true) A_i с отличным от нуля значением функции принадлежности:

$$X_i = \bar{A}_i \cup A_i.$$

Тогда последовательность производимых операций будет реализовываться по формуле:

$$X_{i+1} = X_i \cup X_{i-1} \setminus \bar{A}_{i-1}.$$

Процесс выполнения операций прекращается на шаге n при стремлении функции принадлежности к единице (true) с заранее заданной степенью приближения, зависящей от объекта, на котором выполняются мероприятия в целях обеспечения транспортной безопасности.

Строение функции рекурсии разительно отличается от статического аналога – цикла. В коде реализации программы рекурсия – это блок кода, который вызывает себя или другой блок, по функционалу соответствующий ему. Но если представлять подробнее, то это структура, разворачиваемая всего парой строчек кода. В этом ее кардинальное отличие от статического

аналога (цикла). Для того, чтобы применить ее, стоит представить решаемую задачу как набор отдельных задач, что является главным постулатом динамического программирования, но в нашем случае требуется найти повторяющиеся сегменты. Действия в этих сегментах можно представить модификациями блоков рекурсии.

Пример простейшей рекурсии (псевдокод C++):

```
void recursia (входные данные) {  
    recursia (входные данные);  
    return;  
}
```

Модификации можно подразделить на несколько типов: дополнительный блок; модификация блока и условие выхода. Модификации, несмотря на свое различие, преимущественно используются все одновременно. Вне зависимости от строения функции, она будет иметь вход (вызов). Он располагается в главном блоке программы, как и вызов обычной, не рекурсивной, функции. Дополнительный блок – это рекурсия вызова, который происходит внутри главного блока. Рекурсия может и не содержать его вовсе, но если он встречается, то чаще всего играет роль второй рекурсии, разворачивающейся исключительно в рамках блока, который его вызвал. Случаи, когда два блока равны, встречаются реже.

Пример (псевдокод C++):

```
void recursia_1 (входные данные) {  
    recursia_2 (входные данные);  
    return;  
}  
  
void recursia_2 (входные данные) {  
    recursia_1 (входные данные);  
    return;
```

}

Модификация блока – это любые дополнительные действия, которыми обладает блок.

Пример (псевдокод C++):

```
void recursia (входные данные) {  
    (дополнительные действия (пример: cout<<"AAA"));  
    Recursia (входные данные);  
    (дополнительные действия (пример: cout<<"BBB"));  
    return;  
}
```

Условие выхода – это модификация блока, которая проверяет некое условие или ряд условий и при соблюдении которых осуществляет выход из функции. Вывод результата может быть отделен от выхода или вообще отсутствовать.

Пример (псевдокод C++):

```
void recursia (входные данные) {  
    if (a<b) {  
        return;  
    }  
    elseif(b=a) {  
        a++;  
        return;  
    }  
    recursia (входные данные);  
}
```

Полная структура рекурсии представлена на рис. 1.

Однако, у рекурсии есть сложность в ее использовании, время ее исполнения. Время исполнения – это «краеугольный камень рекурсии», так

как в случае небрежного отношения или невнимательности со стороны разработчика, рекурсия может экспоненциально наращивать время исполнения.

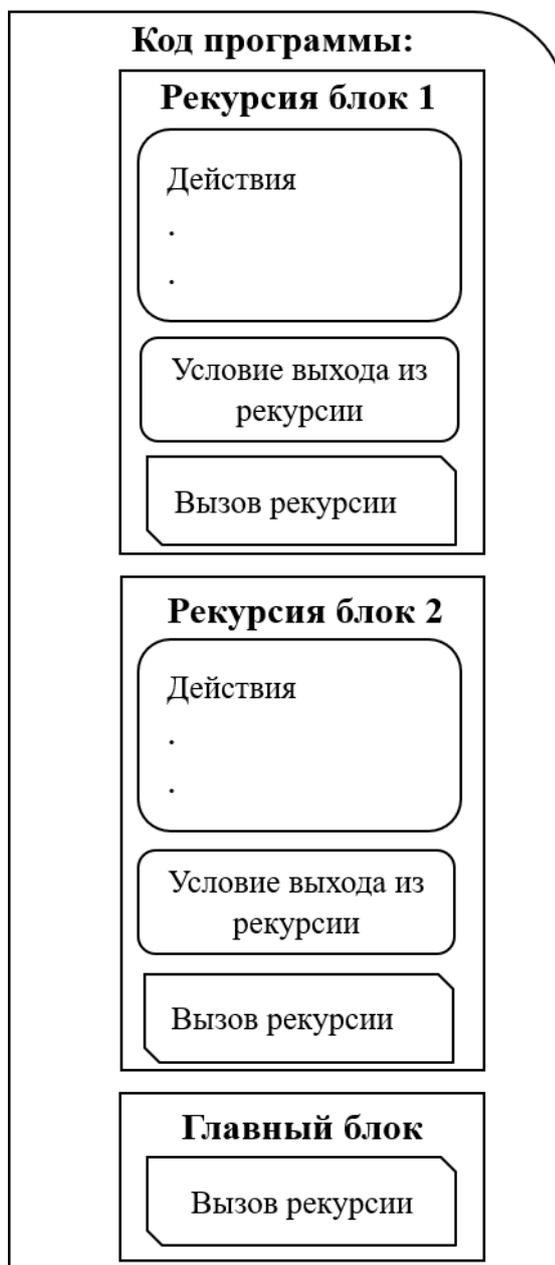


Рис. 1. – Наглядное представление рекурсии

Вторая проблема рекурсии - это переполнение стека вызовов. Связано оно с большим потреблением рекурсией оперативной памяти. Оно возникает при слишком большой глубине рекурсии (одна рекурсия вызывает внутри себя вторую, вторая третью, и так далее до переполнения).

Для решения этих проблем существует несколько методов.

Разделение объема задачи (сегментация). Данный метод используется достаточно часто, хоть и не всегда применим, а если используется, то не сокращает количество вычислений, а сокращает время ожидания. Объем работы программы разделяется на блоки, что сокращает потребление оперативной памяти и защищает от переполнения стека вызовов [9,10].

Мемоизация, или же сохранение результатов вычисления. Значительно сокращает количество вычислений. Подход заключается в сохранении уже вычисленных данных. Можно хранить, как в виде динамического массива, так и в виде фиксированного массива. В первом случае могут возникнуть серьезные потребления оперативной памяти.

Пример (псевдокод C++):

```
Int mem = 0;
void recursia (входные данные) {
    mem++;
    if (mem == 10) {
        return mem;
    }
    Recursia (входные данные);
}
```

Рекурсия является отличным инструментом для программирования, особенно в создании искусственного интеллекта в целях идентификации различного вида угроз транспортной безопасности [11]. Для того, чтобы в случаях возникновения угроз АНВ, когда, в соответствии с Требованиями и планами обеспечения транспортной безопасности ОТИ, проведение досмотровых мероприятий обязательно на всех КПП и ЗТБ, сотрудники ОТИ могли выполнять свои функции без отвлечения на многочисленные процедуры досмотра и при этом не снижалась защищенность ОТИ от АНВ,

целесообразно применение в системах безопасности цифрового помощника для качественного рекуррентного перевода проверяемого (объекта) с одной ступени проверки на другую и с дальнейшей фиксацией всех параметров проверки.

Литература

1. Полянский А. В. Теория и практика технологического обоснования конструктивных решений объектов железнодорожного пути с применением экспертной системы // Транспортные сооружения. 2020. Т. 7. № 3. С. 1. DOI 10.15862/01SATS320.

2. Полянский А. В. Моделирование и оптимизация технологического процесса строительства объекта железнодорожного пути с применением генетического алгоритма // Транспортные сооружения. 2021. Т. 8. № 1. DOI 10.15862/05SATS121.

3. Иванов А.О., Леонов С.И. Возможности оказания отдельных государственных услуг в области обеспечения транспортной безопасности в условиях специального регулирования // Техник транспорта: образование и практика. 2020. Т. 1. № 4. С. 376-379. DOI 10.46684/2687-1033.2020.4.376-379.

4. Воронов А.М., Леонов С.И. Перспективные направления применения инновационных технологий обеспечения безопасности дорожного движения в контексте транспортной безопасности современной России // Актуальные проблемы административного права и процесса. 2021. № 1. С. 30-36.

5. Алтынов Д.С., Пиневиц Е.В., Годунов А.Е., Шенявский И.Н. Blockchain в системе обеспечения транспортной безопасности // Инженерный вестник Дона, 2022, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2022/7422.

6. Пиневиц Е. В., Алтынов Д.С., Лисовский В.С. Оптимизация организационных структур и состава подразделений транспортной безопасности на железнодорожном транспорте // Известия ЮФУ.

Технические науки. 2021. № 3(220). С. 42-54. DOI 10.18522/2311-3103-2021-3-42-54.

7. Прокофьев Ю. В., Кобзарь А.А., Волошин В.Г. Математическая модель обоснования количества устройств досмотра на объекте транспорта // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2015. № 1-2(79-80). С. 7-10.

8. Ермошин Н.А., Алексеев С.В. Нормативно-правовые проблемы заблаговременной подготовки автомобильных дорог в интересах обеспечения военной безопасности государства // Национальные приоритеты России. Серия 1: Наука и военная безопасность. 2015. № 2 (2). С. 9-13.

9. Pinevich E., Lazarev Y., Bolgarov N., Altynov D., Fatyushin Y. Mathematical model of the influence of the rheology of lubricating compositions on the safety of rolling stock movement // Journal of Physics: Conference Series 2131 (2021) 022021 DOI:10.1088/1742-6596/2131/2/022021.

10. Rybitskiy V., Radaev A. Optimization Model for the Distribution of Production Resources by Elemental Sections of Railway Mainline // Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. Vol. 150 LNCE. P. 356-368. DOI 10.1007/978-3-030-72404-7_35.

11. Серeda П.О., Лебедева И.В., Наконечный В. Н., Рудиков Д.Н., Финоченко Т.А. К вопросу оценки безопасности движения на автомобильных дорогах при возникновении чрезвычайных ситуаций // Инженерный вестник Дона, 2018, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4779.

References

1. Polyanskij A. V. Transportnye sooruzheniya. 2020. Т. 7. № 3. S. 1. DOI 10.15862/01SATS320.

2. Polyanskij A. V. Transportnye sooruzheniya. 2021. Т. 8. № 1. DOI 10.15862/05SATS121.



3. Ivanov A.O., Leonov S.I. *Texnik transporta: obrazovanie i praktika*. 2020. T. 1. № 4. pp. 376-379. DOI 10.46684/2687-1033.2020.4.376-379.
4. Voronov A.M., Leonov S.I. Aktual`nye problemy` administrativnogo prava i processa. 2021. № 1. pp. 30-36.
5. Alty`nov D.S., Pinevich E.V., Godunov A.E., Shenyavskij I.N. *Inzhenernyj vestnik Dona*, 2022, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2022/7422.
6. Pinevich E. V., Alty`nov D.S., Lisovskij V.S. *Izvestiya YuFU. Texnicheskie nauki*. 2021. № 3(220). pp. 42-54. DOI 10.18522/2311-3103-2021-3-42-54.
7. Prokof`ev Yu. V., Kobzar` A.A., Voloshin V.G. *Voprosy` oboronnoj texniki. Seriya 16: Texnicheskie sredstva protivodejstviya terrorizmu*. 2015. № 1-2(79-80). pp. 7-10.
8. Ermoshin N.A., Alekseev S.V. *Nacional`ny`e priority` Rossii. Seriya 1: Nauka i voennaya bezopasnost`*. 2015. № 2 (2). pp. 9-13.
9. Pinevich E., Lazarev Y., Bolgarov N., Altynov D., Fatyushin Y. *Journal of Physics: Conference Series* 2131 (2021) 022021 DOI:10.1088/1742-6596/2131/2/022021.
10. Rybitskiy V., Radaev A. *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2021. Vol. 150 LNCE. P. 356-368. DOI 10.1007/978-3-030-72404-7_35.
11. Sereda P.O., Lebedeva I.V., Nakonechny`j V. N., Rudikov D.N., Finochenko T.A. *Inzhenernyj vestnik Dona*. 2018. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4779.