

Петрова К.И.
младший научный сотрудник,
Говорова А.В.
младший научный сотрудник
Научно-исследовательский институт
(Военно-системных исследований МТО ВС РФ)
Военной академии материально-технического обеспечения
имени генерала армии А.В. Хрулева
Россия, г. Санкт-Петербург

**ПРИМЕНЕНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ
СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ В МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ
ПРОЦЕССОВ МТО**

Аннотация: В статье рассматривается применение специализированных генераторов случайных чисел для моделирования процессов материально-технического обеспечения войск в условиях неопределенности. Описаны основные подходы к созданию и выбору ГСЧ для решения логистических задач, связанных с вероятностными событиями. Приведены рекомендации по выбору ГСЧ для моделирования специфических аспектов МТО в военных условиях.

Ключевые слова: материально-техническое обеспечение, моделирование логистики, генераторы случайных чисел, вероятностное моделирование, математические модели, неопределенность.

Annotation: The article examines the application of specialized random number generators for modeling logistics support processes in military operations under conditions of uncertainty. Key approaches to designing and selecting random number generators are discussed for addressing logistical tasks associated with

probabilistic events. Recommendations are provided for choosing random number generators to model specific aspects of logistics support in military contexts.

Keywords: *logistics support, logistics modeling, random number generators, probabilistic modeling, mathematical models, uncertainty.*

Организация и управление материально-техническим обеспечением (МТО) войск (сил) являются одними из ключевых факторов, определяющих эффективность военных операций. В условиях современных конфликтов, где войскам приходится действовать в сложных и непредсказуемых условиях, надежное снабжение становится критически важным для выполнения боевых задач. МТО войск (сил) включает в себя целый спектр операций — от планирования и поставки боеприпасов и продовольствия до организации медицинской помощи и эвакуации. Эти задачи должны выполняться в условиях высокой неопределенности, связанной с военными действиями, логистическими рисками и погодными изменениями. [1]

В отличие от гражданской логистики, которая ориентирована на относительно стабильные цепочки поставок, система процессов МТО войск (сил) сталкивается с переменными, часто меняющимися условиями. Непредсказуемые задержки, повреждения транспортных путей и оборудования, а также угроза воздействия со стороны противника усложняют обеспечение войск. Для эффективного управления логистическими операциями используются математические модели, способные имитировать сложные процессы снабжения с учетом вероятностных факторов. В условиях военных действий точность таких моделей становится особенно важной, так как от своевременности и полноты обеспечения зависит успех операций и минимизация потерь. [1]

Одной из ключевых задач при моделировании вероятностных процессов в МТО является генерация случайных чисел (ГСЧ), которая обеспечивает достоверную имитацию непредсказуемых событий. ГСЧ позволяют

моделировать такие события, как случайные задержки, риски поломок, угрозы со стороны противника и погодные условия. Разнообразие алгоритмов ГСЧ дает возможность выбирать и адаптировать подходящие методы генерации для конкретных аспектов процессов МТО, что позволяет создавать реалистичные сценарии и оценивать эффективность логистических решений в условиях неопределенности.

Целью данной статьи является исследование использования специализированных ГСЧ для моделирования процессов МТО, которые включают в себя большое количество переменных с разными вероятностными характеристиками. В работе анализируются современные подходы к генерации случайных чисел, рассматриваются ключевые алгоритмы и примеры их использования в моделировании логистических процессов. В заключении предлагаются рекомендации по выбору ГСЧ в зависимости от типа и особенностей задач.

Для выполнения поставленной цели были определены следующие исследовательские задачи:

1. Проанализировать особенности процессов МТО, требующие учета вероятностных факторов, таких как задержки поставок, изменения спроса и воздействие внешних факторов.
2. Исследовать современные алгоритмы генерации случайных чисел, применяемые в моделировании вероятностных процессов.
3. Провести сравнительный анализ эффективности и применимости различных ГСЧ для решения логистических задач в условиях неопределенности.
4. Сформулировать рекомендации по выбору и настройке ГСЧ для моделирования ключевых аспектов МТО, исходя из специфики задач и ограничений.

С учетом высокой неопределенности процессов МТО в условиях военных операций генерация случайных данных является основой

моделирования и прогнозирования логистических процессов. Разные подходы к генерации случайных чисел имеют свои преимущества и недостатки, которые следует учитывать при выборе метода для конкретного сценария.

Псевдослучайные генераторы случайных чисел (ПСГЧ) представляют собой алгоритмы, создающие числовые последовательности, которые при статистическом анализе напоминают случайные. ПСГЧ обладают детерминированной природой, то есть их последовательность определяется начальным значением, называемым «зерном». Эта особенность позволяет повторно использовать одни и те же последовательности для воспроизведения экспериментов. [2]

Наиболее распространенные алгоритмы ПСГЧ включают:

– Линейные конгруэнтные генераторы, такие как алгоритм Лемера, создают последовательности, основанные на линейных уравнениях. Эти генераторы отличаются высокой скоростью и подходят для простых задач, однако они имеют ограниченный период и могут быть недостаточно надежными при моделировании сложных событий. [3] В задачах МТО линейные конгруэнтные генераторы можно использовать для имитации равномерного распределения, но они редко подходят для моделирования редких событий, таких как сбои в доставке или нападения.

– Вихрь Мерсенна является более продвинутым алгоритмом, известным своим чрезвычайно длинным периодом и отличными статистическими свойствами. Вихрь Мерсенна применяется в моделировании сложных логистических операций, где требуется учитывать взаимосвязи между различными событиями. [2] Например, его можно использовать для моделирования сложных цепочек поставок, где небольшие изменения на одном этапе могут привести к значительным последствиям на следующем.

Для задач МТО, в которых требуется моделирование специфических распределений и учет событий с высокими отклонениями, используются

специализированные генераторы. Рассмотрим некоторые типы генераторов и их применение в военной логистике:

– Экспоненциальные генераторы: Они полезны для моделирования времени между событиями с постоянной средней интенсивностью. [4] Экспоненциальное распределение идеально подходит для оценки времени между поломками оборудования или прибытиями поставок. Например, с помощью этого генератора можно моделировать вероятность появления нового заказа в зависимости от средней интенсивности операций.

– Нормальные и логнормальные генераторы: Они позволяют моделировать колебания, которые симметрично (нормальное) или асимметрично (логнормальное) изменяются. [5] Нормальное распределение используется, когда можно предположить, что изменения спроса или доставки симметричны, в то время как логнормальное — для моделирования редких скачков спроса в условиях напряженных операций. Эти генераторы позволяют оценивать вариативность спроса на боеприпасы, медикаменты или другие ресурсы.

– Распределения с тяжелыми хвостами: Эти генераторы предназначены для моделирования процессов, в которых возможны редкие, но экстремальные значения. [5] Они применяются в МТО для оценки вероятности чрезвычайных событий, таких как резкое увеличение спроса из-за боевых действий или серьезные задержки в поставках из-за повреждения инфраструктуры.

Рассмотрим, как использование различных генераторов помогает в моделировании ключевых аспектов МТО войск.

1. Моделирование времени поставок. В условиях боевых действий продолжительность доставки ресурсов может сильно варьироваться. Например, при транспортировке грузов через сложные географические зоны вероятность задержек увеличивается. Экспоненциальные генераторы

позволяют моделировать задержки, обусловленные такими событиями, как поломки транспорта, что помогает создавать более точные модели и прогнозы.

2. Прогнозирование потребности в ресурсах. Потребность в ресурсах, таких как боеприпасы, медикаменты и топливо, непредсказуема и может изменяться в зависимости от уровня интенсивности операций. Логнормальные генераторы позволяют моделировать редкие, но значительные колебания спроса, учитывая вероятность резкого увеличения потребности, связанного с усилением боевых действий.

3. Оценка вероятности атак. В сценариях, где существует вероятность нападений, например, на транспортные колонны, используются биномиальные и пуассоновские генераторы. Биномиальные распределения позволяют оценить вероятность фиксированного количества атак, а пуассоновские — редких и неожиданных событий, например, подрыва транспортных маршрутов. Эти данные помогают в планировании и распределении дополнительных сил для защиты колонн.

4. Моделирование восстановления техники. Процесс восстановления техники также может моделироваться с учетом вероятностных факторов. Например, для учета различных сроков восстановления используется распределение Вейбулла, а также распределения Эрланга для описания времени ожидания в очередях на ремонт. Это позволяет учитывать задержки в зависимости от доступности ресурсов и очередности ремонта, создавая более точные модели.

Использование ГСЧ в моделировании МТО имеет ряд преимуществ, таких как возможность создания реалистичных сценариев и учета сложных связей между событиями. Специализированные генераторы позволяют моделировать разнообразные сценарии с учетом специфики событий. Например, генераторы с тяжелыми хвостами позволяют учитывать редкие, но катастрофические события. ПСГЧ, такие как вихрь Мерсенна, дают высокую точность и воспроизводимость данных. [6]

Тем не менее, выбор генератора должен учитывать его ограничения. Простые линейные конгруэнтные генераторы не всегда подходят для сложных задач из-за их ограниченного периода, что снижает точность при моделировании долгосрочных процессов. Также, при моделировании сложных зависимостей приходится создавать гибридные модели, объединяющие несколько типов ГСЧ, что может потребовать дополнительных вычислительных ресурсов и снижать производительность.

Специализированные ГСЧ играют важную роль в моделировании процессов МТО войск, обеспечивая учет вероятностных характеристик событий. Внедрение таких методов позволяет создать более точные и адаптивные модели для военных логистических задач. Разработка гибкой библиотеки ГСЧ для моделирования МТО может повысить точность прогнозов и способствовать улучшению распределения ресурсов в условиях неопределенности.

Библиографический список

1. Филяев М.П., Воробьев А.А. Актуальные вопросы имитационно-аналитического моделирования логистических процессов ракетно-технического обеспечения // В сборнике: Восьмые Уткинские чтения. Труды Общероссийской научно-технической конференции. Сер. «Библиотека журнала «Военмех. Вестник БГТУ»». – 2019 – с. 290-296
2. Белов А. А., Калиткин Н. Н., Тинтул М. А. Ненадежность известных генераторов псевдослучайных чисел //Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2020. – Т. 60. – №. 11. – С. 1807-1814.
3. Кораблев, Юрий Александрович. "Имитационное моделирование." (2020): 146-146.

4. Борис П. Использование показательного распределения в математических моделях надежности //РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
Главный редактор. – С. 20.

5. Петров, Ю.В. Моделирование случайных величин: учебное пособие / Ю.В. Петров, С.Н. Аникин, С.А. Юхно; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2020. – 90 с.

6. Звонарев С. В. Основы математического моделирования: учебное пособие. – 2019.