легко справиться с временной целью и затратами на назначение. Время установки, зависящее от последовательности, обычно обрабатывается путем введения переменных последовательности V_{ij} так, что $V_{ij} = 1$, если a_i предшествует a_j , т.е. мы имеем $V_{ij}=1 \Leftrightarrow E_j \geq S_i + \delta_{ij}$, где δ_{ij} - время установки.

Минимум: $F(\bar{X}, \bar{S}, \bar{E})$

При условии, что:

$$E_i = S_i + D_i \quad \forall a_i \in A;$$

$$E_i \leq S_j \quad \forall (a_i, a_j) \in E;$$

Совокупные ограничения на $(S, D, RQ_{ik}) \forall r_k \in R$;

$$D_i = d_i(X) \quad \forall a_i \in A;$$

$$RQ_{ik} = rq_{ik}(X);$$

При этом: $S_i, E_i, D_i \in \{0, \dots, eoh\}$;

$$X_{ik} \in \{0, 1\}.$$

Рисунок 1 – Модель CP для не вытесняющего распределения ресурсов и планирования

С точки зрения моделирования едва ли существует какая-либо проблема распределения и планирования, выходящая за рамки этого подхода. Однако, распределение ресурсов и времени, как правило, очень слабое, когда переменные требования или продолжительности не связаны, поэтому на практике необходимы более структурированные подходы.

1. Beck, J.C. Scheduling Alternative Activities [Текст] / J.C. Beck, M.S Fox // In Proc. of AAAI/IAAI. – 1999. – С. 680-687.
2. Beck, J.C. Constraint-directed techniques for scheduling alternative activities [Текст] / J.C. Beck, M.S Fox // Artificial Intelligence. – 2000. - №121 (1-2) – С. 211-250.
3. Kolisch, R. PSPLIB – A project scheduling problem library [Текст] / R. Kolisch // European Journal of Operational Research. – 1997. - №96 (1) – С. 205-216.
4. Baptiste, P. Constraint-based scheduling [Текст] / P. Baptiste, C. Le Pape, W. Nuijten. – Kluwer Academic Publishers, 2001 – 198 с.
5. Resource-constrained project scheduling: Notation, classification, models, and methods [Текст] / P. Brucker, A. Drexl, R. H. Mohring и др. // European Journal of Operational Research. – 1999. - №112 (1) – С. 3-41.

Корнеев А.М., Лаврухина Т.В., Сметанникова Т.А.

Обоснование выбора метода для распределения региональных ресурсов МЧС

*ФГБОУ ВО Липецкий государственный технический университет
(Россия, Липецк)*

doi: 10.18411/lj-02-2021-07

idsp: ljjournal-02-2021-07

Аннотация

В работе описан выбор метода для верного и корректного распределения ресурсов в рамках управления МЧС. В качестве такого метода было принято решение выбрать алгоритм Беллмана. Введена математическая модель, позволяющая применять

выбранный принцип оптимальности. Приведен выбор общего вида функции, наиболее подходящей для распределения ресурсов.

Ключевые слова: планирование ресурсов, распределение ресурсов, методы распределения ресурсов.

Abstract

The paper describes the choice of a method for the correct and correct allocation of resources within the Ministry of Emergency Situations management. As such a method, it was decided to choose the Bellman algorithm. A mathematical model is introduced that allows applying the chosen optimality principle. The choice of the general type of function that is most suitable for resource allocation is given.

Keywords: resource planning, resource allocation, methods of allocation of resources.

Проводимое исследование, связанное с тем, каким именно образом возможно производить распределение региональных средств МЧС, можно разделить на две группы. Во-первых, среди достаточно большого количества методов был выбран конкретный. Во-вторых, необходимо адаптировать выбранный метод под реалии управления МЧС, в частности:

- а) практически все методы имеют в своей основе некоторую целевую функцию, на основе которой и происходит распределение ресурсов. Для управления МЧС необходимо составить верную для него целевую функцию;
- б) некоторые методы представляют собой последовательное применение ряда итераций, в этом случае какие-либо итерации можно убрать, некоторые добавить;
- в) некоторые методы включают в себя ряд ограничений, которые необходимо упростить или усложнить в зависимости от поставленной задачи.

Выбор метода – начальная задача, которую необходимо решить для верного и корректного распределения ресурсов в рамках управления МЧС. В качестве такого метода было принято решение выбрать алгоритм Беллмана. Данное решение обусловлено несколькими причинами:

- а) большинство методов в своей основе полагаются на оптимизацию целевой функции, учитывая имеющиеся ограничения. Однако в рамках управления МЧС происходит распределение ресурсов между большим количеством поступающих заявок, например, крупнейшее подразделение МЧС в Липецкой области имеет численность в 800 человек и расположено по всей области. Соответственно от него одного в год поступает не менее 800 заявок. Учитывая, что общая численность сотрудников управления МЧС практически в два раза больше, за год получается обработка функции порядка 1600 переменных. Оптимизировать функцию такого количества переменных – достаточно затратная задача с точки зрения временных ресурсов;

- б) при изучении большинства методов распределения ресурсов можно сделать вывод о том, что большинство методов отличаются в основном тем, что вводятся какие-либо дополнительные ограничения на исходную целевую функцию, например, учитывается время, которое необходимо подождать после реализации какого-либо ресурса или время, которое будет потрачено на реализацию текущего распределения. В рамках предметной области управления МЧС такие ограничения не важны;

- в) необходимо обратить внимание на то, какие зависимости существуют в описанной предметной области. Применение большинства методов сводят исходную задачу к задаче оптимизации. Практически все методы оптимизации представляют собой последовательное приближение к точке минимума. В то же время в алгоритме Беллмана применяется принцип динамического программирования, то есть задача

делится на подзадачи и последовательно вычисляется значение функции для каждой отдельно взятой подзадачи;

г) алгоритм Беллмана решает задачу с точки зрения динамического программирования, поэтому крайне важно, чтобы целевую функцию можно было легко разбить на отдельные части. В случае управления МЧС, где происходит распределение ресурсов между отдельно рассматриваемыми заявками, задача легко делится на несколько подзадач по заявке.

Совокупность описанных выше причин позволяет сделать вывод, что в условиях рассматриваемой задачи именно алгоритм Беллмана можно считать самым удачным методом распределения ресурсов.

В работах [1, 2, 3] описано распределение ресурсов с точки зрения задачи динамического программирования, которая лежит в основе принципа оптимальности Беллмана.

Для применения данного метода необходимо ввести некоторую математическую модель. В свою очередь, чтобы получить некоторое математическое представление задачи необходимо ввести ряд обозначений:

$x_{n-1}, x_{n-2}, \dots, x_0$ – каждое из обозначений представляет собой последовательность тех состояний, в которых система может находиться перед соответствующим шагом – перед n шагом, перед $n-1$ и так далее до 1 шага.

$z_1(x_{n-1}), z_2(x_{n-2}), \dots, z_n(x_0)$ – последовательность «условно-оптимальных» решений приращения целевой функции, начиная с последнего и заканчивая первым.

$u_n, u_{n-1}, \dots, u_1$ – каждое из обозначений представляет собой множество тех действий или управлений, которые применяются на соответствующем шаге – на n шаге, перед $n-1$ и так далее до 1 шага.

Таким образом, можно построить ряд рекуррентных соотношений для обратного хода:

$$\begin{aligned} z_1(x_{n-1}) &= \max_{u_n} (F_n(x_{n-1}, u_n)); \\ z_2(x_{n-2}) &= \max_{u_{n-1}} (F_{n-1}(x_{n-2}, u_{n-1}) + z_1(x_{n-1})); \\ &\dots \\ z_n(x_0) &= \max_{u_1} (F_1(x_0, u_1) + z_{n-1}(x_1)). \end{aligned}$$

Данные рекуррентные соотношения называются функциональными уравнениями Беллмана. При этом $z_n(x_0)$ является последним, найденным на этапе обратного хода, решением. Затем происходит следующий этап прямого хода, началом которого будет является последнее найденное значение $z_n(x_0)$. Важно помнить, что в представленных рекуррентных соотношениях должен выполняться именно поиск максимума. В зависимости от поставленной задачи может выполняться поиск минимума. В этом случае в каждом рекуррентном соотношении знак максимума изменится на знак минимума.

Ключевым и по сути единственным для распределения ресурсов в рамках алгоритма Беллмана является построение общей функции, учитывающей все имеющиеся данные для более верного распределения. Для того, чтобы построить какую-либо функцию необходимо выбрать общий вид функции, наиболее подходящий для распределения ресурсов.

Рассмотрим линейную функцию. Специфика предметной области такова, что на распределение средств на заявки влияет, как минимум, два параметра: статистические данные об участии структурного подразделения в ликвидации и предупреждении оперативных событий, а также численность структурного подразделения. Однако существенно влиять на поведение линейной функции может влиять только один параметр. Существует возможность перемножить данные параметры и считать

полученное число коэффициентом перед, однако в данном случае некоторые заявки получают аномально высокие коэффициенты важности.

Рассмотрим экспоненциальные функции, функции со степенью большей единицы и другие функции возрастающие и при этом выпуклые вниз. Данные функции имеют достаточное количество параметров, которые могут влиять на их поведение, однако использование данных функций будет говорить о том, что выдача средств на последние единицы заявки будет иметь наибольшую важность для распределения ресурсов, однако такая ситуация полностью не соответствует реальной ситуации в организации.

Рассмотрим степенную функцию со степенью от 0 до 1. Такие функции имеют достаточное количество коэффициентов, регулирующих поведение функции, при этом общее поведение функции таково, что последние единицы ресурса в заявке имеют гораздо меньший приоритет по сравнению с теми, что расположены вначале. Данная функция достаточно хорошо подходит для рассматриваемой предметной области.

Рассмотрим убывающие функции любого вида. Такие функции полностью не подходят для удовлетворения потребностей рассматриваемой предметной области. Применение таких функций, по сути, будет означать, что чем больше средств вложено в выполнение заявки, тем меньше мы получим пользы, что полностью не отражает ситуацию в организации.

Использование же каких-либо сложных функций, например, тригонометрических хоть и не лишено смысла полностью, но трудно просчитывается с точки зрения того, какой именно и практически не влияет на конечный результат. На основании логических решений, а также с учётом мнения сотрудников МЧС, можно сделать вывод, что лучшей функцией, демонстрирующей распределение средств на покупку ресурсов можно считать функцию корня. Для принятия решения об использовании именно этой функции достаточно привести пример. Допустим, существует некоторое подразделение, которому необходимо 10 персональных компьютеров. Средства на покупку ограничены необходимостью покупки других ресурсов для других подразделений. В таких условиях необходимо понимать, что выдача первой доли товара важнее выдачи последней доли. То есть выдача двух компьютеров, если их собираются выдать всего два гораздо важнее, чем выдача двух компьютеров, если выдано уже восемь.

Основываясь на этом, общий вид функции представляет собой:

$$F = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \begin{cases} 0, \text{ если } x_{ij} = 0 \\ [A_i] * x_{ij}^{[B_i]}, \text{ если } 0 \leq x_{ij} \leq \bar{x}_{ij} \rightarrow \max. \\ [A_i] * \bar{x}_{ij}^{[B_i]}, \text{ если } x_{ij} \geq \bar{x}_{ij} \end{cases}$$

В представленной формуле:

- A_i – коэффициент от численности отдельного подразделения;
- B_i – средняя доля участия подразделения в работе на оперативным событием;
- x_{ij} – количество ресурсов данному подразделению на данный ресурс;
- N – количество подразделений;
- M – количество ресурсов, необходимых данному подразделению;
- $\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M x_{ij}$, $0 \leq x_{ij} \leq Z$, где Z – общая сумма имеющихся средств;
- $\bar{x}_{ij}$ – количество ресурса в заявке от подразделения.

Критерием формулы, представленной выше, является максимизация суммарной пользы от распределения ресурсов. При этом согласно формуле при выделении большего количества средств, чем необходимо по заявке. Польза от такого распределения будет такой же, как если бы мы просто полностью выполнили заявку. В

то же время польза в том случае, если мы вообще не выделим средства на выполнение заявки, будет равна 0.

1. Копанева, А.А. Математические методы в экономике [Текст]: учебно-методическое пособие для студентов экономических специальностей / А.А. Копанева, А.В. Овсянникова, И.Ф. Авдеев. – М.: МГУТУ, 2009 – 60 с.
2. Беллман, Р. Динамическое программирование [Текст] / Р. Беллман. – М.: Изд-во иностр. лит., 1960. – 400 с.
3. Беллман, Р. Прикладные задачи динамического программирования [Текст] / Р. Беллман, С. Дрейфус. – М.: Наука, 1965. – 240 с.

Корнюшко В.Ф., Николаева О.М., Биглов Р.Р., Колыбанов К.Ю., Филоретова О.А.
Алгоритмическое и информационное обеспечение разработки готовых
лекарственных форм (ГЛФ) лекарственных средств в твердой форме

МИРЭА – Российский технологический университет
(Россия, Москва)

doi: 10.18411/lj-02-2021-08

idsp: ljjournal-02-2021-08

Аннотация

В статье рассмотрена проблема создания алгоритмического и информационного обеспечения для фармацевтической разработки готовых лекарственных форм (ГЛФ) лекарственных средств в твердой форме. Для системной реализации алгоритмов управления разработкой ГЛФ на основе принципа QbD (Quality-by-Design - качество, запланированное при разработке) [1] предложено применить методологию системного проектирования на базе принципа(диаграммы) Демминга [2]. Рассмотрено построение и применение для выбора вспомогательных веществ предикатной имитационной модели и приведена блок-схема алгоритма ее реализации. Приведена модель “Сущность-Связь” базы данных вспомогательных веществ. Приведены алгоритмы моделирования и оптимизации выбора технологической платформы для фармацевтической разработки ГЛФ лекарственных средств в твердой форме. Приведена блок-схема разработанного алгоритма реализации процесса моделирования и оптимизации на основе многооткликовых регрессионных моделей и онлайн алгоритма оптимизации Хука-Дживса. Проведено тестирование разработанного алгоритмического и программного обеспечения на примере разработки лекарственного средства димедрол.

Ключевые слова: фармацевтическая разработка, готовая лекарственная форма, принцип QbD, диаграмма Деминга, вспомогательные вещества, предикатная модель, модель Сущность-Связь, многооткликовые регрессионные модели, онлайн алгоритм оптимизации, лекарственное средство димедрол

Abstract

The article discusses the problem of creating an algorithmic and informational support for the pharmaceutical development of ready-made medicines (GLF) medicines in solid form. For the system implementation of the algorithms for the development of GLF on the basis of the principle of QbD (quality-by-design - quality planned during development) it is proposed to apply the methodology of system design based on the principle (diagrams) of Demming. The algorithms for modeling and optimizing the selection of the technology platform for the pharmaceutical development of GLF medicines in solid form are given. The block scheme of the developed algorithm of the simulation and optimization process based on multi-tissue regression models and the online algorithm of optimization of Huka-Jeeves is presented. Testing of the developed algorithmic and software on the example of the development of the drug diphenhydramine.