клуб и спортивные секции. В силу данных факторов можно заявить, что эти две области города имеют наилучшее развитие спортивного досуга, предлагающие различный спектр занятий.

Остальные же микрорайоны выделяются средним развитием, чему, судя по всему, способствует практически повсеместное расположение небольших спортивных площадок и, изредка, разнообразных спортивных учреждений. Кроме того, в наиболее красной зоне оказались Ленинский, Предзаводской, Вокзальный и некоторые другие прилегающие к ним районы в силу слабого развития спортивных учреждений в данных районах, а, следовательно, к данным районам и их спортивному досугу стоит уделить больше влияния, чем было до этого.

1. В. Я. Цветков. Геомаркетинг: прикладные задачи и методы. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 239 с.
2. И. И. Переверзин. Искусство спортивного менеджмента. – М.: Советский Спорт, 2004. – 416 с.
3. В. Ю. Архипов, К. В. Архипов. Статистический мониторинг развития спортивно-оздоровительных комплексов. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23024039>
4. Е. В. Иванова, Е. Ю. Симакова. Здоровый образ жизни как основа формирования будущего страны. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35264294>

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

Подходы к решению задач планирования и распределения региональных ресурсов МЧС

ФГБОУ ВО Липецкий государственный технический университет

(Россия, Липецк)

doi: 10.18411/lj-02-2021-06

idsp: ljjournal-02-2021-06

Аннотация

В работе приводится актуальность автоматизации процесса распределения региональных ресурсов МЧС. Рассмотрены два метода, относящихся к планированию и распределению ресурсов: Constraint Programming (CP) и Operations Research (OR). Указаны особенности их применения и недостатки, возникающие в конкретных условиях.

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

Abstract

The paper presents the relevance of automation of the process of distribution of regional resources of the Ministry of Emergency Situations. Two methods related to resource planning and allocation are considered: Constraint Programming (CP) and Operations Research (OR). The features of their application and disadvantages that arise in specific conditions are indicated.

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

Распределение региональных средств в рамках МЧС достаточно трудоёмкая задача. Во-первых, получение любого ресурса представляет собой большое количество бумажной работы на оформление заявки, на перенаправление заявки и так далее, что, в свою очередь, препятствует быстрой и качественной работе всего подразделения. Во-вторых, распределением ресурсов занимается большое количество людей, что в свою очередь создаёт дополнительные бюрократические проблемы, а также требует дополнительного количества средств. Наконец, текущая ситуация с заявками требует большого количества времени на обработку заявки, её изменение, сбор заявок со всех

подразделений МЧС, что также занимает некоторое количество времени. В то же время распределение средств может проводиться, например, на основе каких-либо показателей, полученных опытным путём, либо на основании мнения конкретного специалиста, или на основе текущего состояния того или иного направления, игнорируя тем самым картину в целом. Следовательно, автоматизация процесса распределения ресурсов позволит существенно увеличить скорость работы различных подразделений МЧС как за счёт уменьшения количества бумажной работы, так и с помощью сокращения времени на обработку задачи; а также позволит решить многие бюрократические проблемы и проблемы того, что большая доля средств тратится на содержание управленческого аппарата. А также позволит значительно увеличить объективность производимого распределения. Необходимо упомянуть, что от управления МЧС зависит безопасность граждан, их моральное и материальное благополучие, поэтому крайне важно верно распределить всё количество средств, с которыми взаимодействует управление МЧС.

Большинство источников рассматривают планирование, как термин, включающий в себя распределение ограниченных ресурсов в течение времени. Однако часто планирование сводится к составлению расписаний, когда начинать действия, чтобы оптимизировать некоторые показатели производительности. Данные случаи являются достаточно простыми, сложность составляют те случаи, когда лицо, принимающее решения, имеет возможность выбирать ресурсы для выполнения каждой проблемной задачи [1-3]. Здесь же большинство источников упоминают ключевые проблемы планирования:

а) многие элементы реального мира содержат необязательные действия, которые можно оставить невыполненными (обычно с влиянием на затраты) или альтернативные способы для выполнения действий, причем каждый способ соответствует возможному назначению ресурсов для его выполнения или другому набору подэтапов;

б) назначение ресурсов и требования к ресурсам для каждого действия являются переменными решениями;

в) задачи планирования являются сложными в вычислительном отношении: неудивительно, что введение решений о назначении ресурсов значительно увеличивает время решения проблемы.

Существуют два метода, относящихся к планированию и распределению ресурсов: Constraint Programming (CP) и Operations Research (OR). CP предоставляет элегантную и универсальную среду моделирования, основанную на эффективных и действенных алгоритмах фильтрации и стратегиях поиска. Значительные усилия были приложены к расширению моделей CP и методов решения проблем распределения и планирования. Исследователи OR рассматривают проблемы распределения ресурсов и планирования с точки зрения проблемы многорежимного ограниченного планирования ресурсов (MRCPSP). Основываясь на математической части проблемы, они определили действенные правила фильтрации на основе методов оптимизации. Нет четкого доминирования между методами OR и CP: применение одного из методов может иметь преимущество над другим в конкретной ситуации, но в целом они одинаково хорошо работают.

Также, начиная с 2001 г., согласно источникам, начинается рассмотрение гибридных подходов CP/OR. Согласно тем же источникам скорость выполнения данных алгоритмов значительно выше по сравнению с методами чистого CP и OR. Интуитивно понятно, что, поскольку проблемы распределения и планирования возникают из-за композиции назначения и компонента планирования, гибридные алгоритмы имеют возможность использовать наиболее эффективный (гетерогенный) метод для нацеливания на каждую проблемную часть (например, смешанное

целочисленное линейное программирование - MILP - для назначения и СР для планирования). На основе данных источников можно сформулировать уравнение:

$$CP = \text{модель} + \text{распространение} + \text{поиск}.$$

Таким образом, методы оперативного распределения ресурсов можно разграничить по разбору моделей, алгоритмов распространения и стратегий поиска. Однако, ключевая разница в методах именно в модели.

В работах [4-5] рассмотрены классические методы СР для задач планирования и распределения ресурсов. Распределение и планирование рассматривается для набора A действий (скажем, $\{a_0, a_1, \dots\}$), представляющих атомарные операции. Действия имеют временные зависимости, описываемые с помощью набора E пар (a_i, a_j) . Действия и зависимости вместе образуют ориентированный ациклический граф $G = [A, E]$, называемый проектным графом в рамках ОР. Время начала действия a_i , т. е. первый момент времени t , когда выполняется действие – это s_i , а время окончания действия a_i , т. е. первый момент времени, когда действие не выполняется, после того, как оно началось – это e_i . При этом $s_i, e_i \geq 0$.

В планировании на основе ограничений действия представлены введением целочисленных переменных для каждого действия a_i : есть S_i , представляющие время начала действия s_i и E_i , представляющие время окончания действия e_i . В задачах назначения и планирования обычно вводится целочисленная переменная D_i , представляющая продолжительность действия; тогда выполняется ограничение $E_i = S_i + D_i$. Предполагается, что переменные S_i , E_i и D_i представляют собой некоторые множества и могут иметь некоторые границы, которые меняются в зависимости от распределения ресурсов; их границы обозначаются именами: $\min(S_i)$ – самое раннее время начала – $EST(a_i)$; $\max(S_i)$ – самое позднее время начала – $LST(a_i)$; самое раннее время окончания и самое позднее время окончания – $EET(a_i)$ и $LET(a_i)$ – определяются аналогично для переменной E_i .

Отношения начала и конца моделируются как линейные ограничения $E_j \leq S_j$. Обобщенные отношения прецедентности могут быть приняты во внимание путем введения ограничений $\delta^{\min} \leq E_i - S_i \leq \delta^{\max}$, где $\delta^{\min}$ и $\delta^{\max}$ – минимальные и максимальные временные промежутки между вовлеченными действиями. Обеспечение согласованности для результирующей сети может быть выполнено посредством распространения ограничений неравенства. Однако обнаружение невозможности с помощью этого метода обычно занимает время, пропорциональное наибольшему домену $\frac{S_i}{E_i}$. Альтернативно, ограничения приоритета могут быть явно указаны (например, с помощью глобальных ограничений), и можно использовать алгоритмы кратчайшего пути для графов с отрицательными весами, таких как, например, Беллмана-Форда.

Решения о распределении могут быть смоделированы [5-6] путем введения двоичной переменной X_{ik} для каждого x_{ik} . Переменные продолжительности связаны с решениями о распределении с помощью ограничения $D_i = d_i(X)$, где X представляет весь набор переменных X_i , а функция $d_i(\bullet)$ – продолжительность деятельности, которая становится известной во время поиска полного назначения и распределения ресурсов, $d_i(x) \geq 0$. Побочные ограничения обычно ограничивают возможные назначения ресурсов. Ресурсные ограничения вводятся через совокупное ограничение.

На рисунке 1 показана базовая модель СР для распределения ресурсов и планирования без побочных ограничений. Функция стоимости F – минимальное допустимое значение для данной метрики производительности, в общем случае зависящее как от выбора распределения, так и от планирования, и eoh обозначает самый поздний момент времени, в который заканчивается какое-либо действие (конец горизонта). Невозобновляемые ресурсы легко моделировать с помощью этого подхода и приводят к ряду ограничений, которые вводятся для переменных X_{ik} . Точно так же

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