

Рисунок 1 – Ущерб от повреждений вагонов на горочных станциях Белорусской железной дороги

Исследования по данному вопросу позволяют утверждать, что повреждения вагонов в конечном итоге приводят к возрастанию времени нахождения вагона на станции, увеличению затрат на маневровую работу, повышению загрузки локомотивов, горловин, станционного персонала.

Предлагается методика, позволяющая учесть вопросы безопасности, связанные с возможными потерями от повреждения вагонов и порче грузов на сортировочных станциях в моделях распределения сортировочной работы, т.е. расчет эквивалента переработки вагонов рекомендуется вести с учетом удельных, зависящих от уровня безопасности процесса роспуска составов на горках, расходов, связанных с повреждением подвижного состава. Учет потерь от повреждений подвижного состава позволит повысить точность при расчете нормативов плана формирования поездов на 6–10 %.

УДК 519.1

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО КОНТУРА БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ

О. И. ДУГИНОВ

Белорусский государственный университет, г. Минск

Железнодорожная станция является важной технической системой, обеспечивающей безопасное функционирование всех устройств. Исключение несанкционированных проникновений на режимную территорию достигается созданием соответствующего контура безопасности, развертывание которого состоит из фаз выбора технических средств, которые будут обеспечивать контроль и защиту, и последующего размещения данных средств на территории охраняемой зоны.

С точки зрения математической постановки, первая фаза может быть сформулирована в виде комбинаторной оптимизационной задачи о рюкзаке [1]. Пусть имеется N аппаратных средств (видеокамеры, датчики движения с различными характеристиками и др.), которые потенциально могут быть использованы для формирования контура безопасности. Обозначим через c_i стоимость i -го средства. Далее необходимо ранжировать средства по их важности, и ценность каждого средства оценить количественно (например, видеокамера с большим углом зрения имеет большую ценность, чем видеокамера с меньшим углом зрения). Обозначим через v_i ценность i -го средства. Пусть a – бюджет, выделенный на приобретение оборудования. Задача состоит в том, чтобы выбрать комплекс технических средств из имеющихся таким образом, чтобы суммарная стоимость выбранных единиц не превосходила бюджет a , и их суммарная ценность была максимальна. Общая целевая функция имеет вид

$$v_1x_1 + v_2x_2 + \dots + v_Nx_N \rightarrow \max, \quad c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_Nx_N \leq a, \quad x_1, x_2, \dots, x_N \in \{0,1\}.$$

Для данной комбинаторной задачи существует ряд известных и глубоко изученных методов решения [1].

На второй фазе решается задача размещения выбранных n средств на выбранном пространственном полигоне. Здесь могут возникнуть различные ситуации. Например, два выбранных технических

средства могут конфликтовать, находясь на близком расстоянии. Поэтому задача состоит в том, чтобы, во-первых, выяснить, можно ли расположить все соответствующие технические средства внутри контура безопасности так, чтобы среди них не было двух конфликтующих, а, во-вторых, разместить выбранные объекты таким образом, чтобы суммарная площадь, которая попадает под области видимости хотя бы двух объектов, была минимальна. Расчетная схема приведена на рисунке 1.

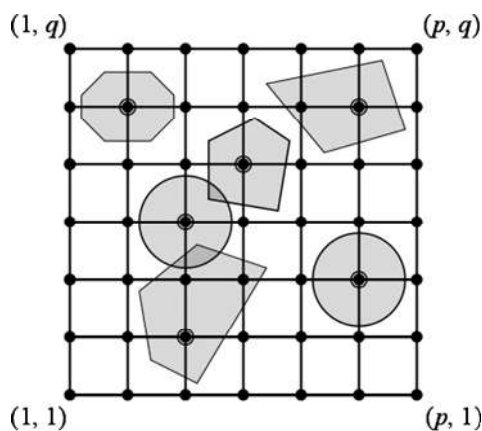


Рисунок 1 – Решётка, покрывающая территорию объекта

Согласно приведенному рисунку в некоторых узлах размещены технические средства, обеспечивающие контроль и защиту режимного объекта. Затемненные области – это области действия (видимости) средств. Пересечение областей действий двух объектов означает, что объекты конфликтуют друг с другом.

Рассмотрим модельную ситуацию, в которой вся зона покрыта решёткой размера $p \times q$, в узлах которой можно размещать выбранное на первой фазе оборудование (см. рисунок 1). Данную ситуационную задачу можно сформулировать в виде задачи целочисленного квадратичного программирования (ЗЦКП [2]). Пусть $x_{i,j,k} \in \{0,1\}$ – переменная, которая принимает значение 1, если k -е выбранное средство помещено в узел с координатами (i, j) и 0 в противном случае. Так как k -е средство может быть помещено только в один узел, то необходимо потребовать, чтобы для любого $k = 1, 2, \dots, n$ выполнялось условие

$$\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x_{i,j,k} = 1.$$

Так как в любой узел можно поместить не более одного средства, то для любой упорядоченной пары (i, j) , где $i \in \{1, 2, \dots, p\}$ и $j \in \{1, 2, \dots, q\}$, необходимо потребовать, чтобы

$$\sum_{k=1}^n x_{i,j,k} \leq 1.$$

Рассмотрим целевую функцию следующего вида:

$$\sum_{\substack{i_1 \in \{1, \dots, p\} \\ j_1 \in \{1, \dots, q\} \\ k_1 \in \{1, 2, \dots, n\} \\ i_2 \in \{1, \dots, p\} \\ j_2 \in \{1, \dots, q\} \\ k_2 \in \{1, 2, \dots, n\}}} a_{i_1, j_1, k_1, i_2, j_2, k_2} x_{i_1, j_1, k_1} x_{i_2, j_2, k_2},$$

где $a_{i_1, j_1, k_1, i_2, j_2, k_2}$ – это число, равное 1, если объекты k_1, k_2 , находясь в узлах (i_1, j_1) и (i_2, j_2) , соответственно, конфликтуют друг с другом, и 0, в противном случае; $a_{i_1, j_1, k_1, i_2, j_2, k_2}$ – площадь области, которая попадает под видимость обоих технических средств k_1, k_2 . Решая получившуюся задачу целочисленного квадратичного программирования на минимум, получим требуемые результаты по набору технических средств контура безопасности и эффективные позиции их размещения на территории железнодорожной станции. В заключение отметим, что существует ряд программных средств для решения ЗЦКП, например TomLab [3].

Список литературы

- 1 Kellerer H. Knapsack Problems. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2004.
- 2 Методы оптимизации / Р. Габасов [и др.] – Минск : Четыре четверти, 2011. – 472 с.
- 3 TomLab [electronic resource] / K. Holmström // Mode of access: <https://tomopt.com/>. – Date of access: 10.09.2017.

УДК 656.212.6.073.235

УЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК НАДЕЖНОСТИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МЕСТ ПОГРУЗКИ, ВЫГРУЗКИ

И. А. ЕЛОВОЙ, Е. Н. ПОТЫЛКИН

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Проблемы безопасности постоянно сопровождаются вопросами обеспечения надежности работы устройств, механизмов, систем. При определении перерабатывающей способности мест погрузки, выгрузки помимо надежности устройств и процессов также должны быть учтены вероятностный характер процессов поступления вагонов и груза к месту выполнения погрузочно-разгрузочных операций. Возможные состояния грузового фронта и соответствующие им вероятности сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Возможные состояния вагонов и грузового фронта и соответствующие им вероятности

Объекты	Вероятности состояния грузовых фронтов и выполняемых при этом операций			
Готовая продукция	$P_{пр}$	$P_{пр}$	$1-P_{пр}$	$1-P_{пр}$
	Поступает из производства		Не поступает из производства	
Грузовой фронт и склады	$P_{пр}(1-P_v)$	$P_{пр}P_v$	$(1-P_{пр})P_v$	$(1-P_{пр})(1-P_v)$
	Выгрузка из производства в склад	Перегрузка из производства в вагон	Погрузка из склада в вагон	Погрузочно-разгрузочные механизмы простаивают
Порожние вагоны	$1-P_v$	P_v	P_v	$1-P_v$
	Отсутствуют	Имеются		Отсутствуют

Основываясь на ранее выполненных исследованиях Г. А. Циркунова, В. П. Ярошевича, с учетом того, что

$$P_{оо} = (1 - P_{пр}) (1 - P_v); \quad (1)$$

$$P_{ои} = (1 - P_{пр})P_v, \quad (2)$$

получена формула расчета перерабатывающей способности грузового фронта для случая, когда часть груза перегружается из производства в складские емкости, а в наличии имеется один путь для выполнения грузовых операций:

$$n_{фр1} = \frac{K_{см}(t_{см} - t_{об} - t_{пр}) \cdot (1 - P_{оо}) \cdot \frac{Q_{сут}^{произ}}{XP_{ст}}}{K_{ин} \left[\frac{Q_{сут}^{произ}(1 + P_{ои})}{Xzq_{эт}} + t_{под} + t_{уб} + \frac{m_{сут}}{X}(t_{рsv} + t_{сbv}) \right]}, \text{ вагонов,} \quad (3)$$

где $K_{см}$ – количество смен работы за сутки; $t_{см}$, $t_{об}$, $t_{пр}$ – продолжительность соответственно смены, обеденного перерыва, приема-сдачи смены, осмотр средств механизации и других технических средств, мин; $Q_{сут}^{произ}$ – количество груза, поступившего из производства на грузовой фронт за сутки, т/сут; X – количество подач-уборок вагонов на грузовой фронт; $P_{ст}$ – статическая нагрузка вагона, т/ваг; $K_{ин}$ – коэффициент, учитывающий влияние характеристик надёжности; z – количество погрузочно-разгрузочных механизмов; $q_{эт}$ – эксплуатационная производительность механизма, т/мин; $t_{под}$, $t_{уб}$, $t_{рsv}$, $t_{сbv}$ – продолжительность соответственно подачи, уборки, расстановки, сборки вагонов у мест погрузки, выгрузки, мин; $m_{сут}$ – суточное количество вагонов, поступающих на грузовой фронт, ваг/сут.