

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В ЗАДАЧАХ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ОХРАНЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГРАНИЦЫ

Гурвич Ю.А., кандидат технических наук, доцент
ГУО «Институт пограничной службы Республики Беларусь»

Хорошо известно, что все задачи проектирования, связанные с жизнедеятельностью человека (техника, строительство, медицина, армия, образовательный процесс и т. д.), всегда многокритериальные. Это в равной степени относится и к задачам проектирования охраны государственной границы, например:

– задача проектирования участка государственной границы, охраняемого пограничной заставой (критерии: длина и ширина участка, расстояние до пограничной заставы, количество и качество техники, необходимое для обустройства участка, финансовые вопросы и т. д.);

– задача оптимального размещения тревожной группы вдоль линии границы со сложным рельефом, расположенной по периметру территории государства (критерии: минимальная сумма расстояний от места расположения одной или нескольких тревожных групп до мест возможных нарушений границы; время доставки тревожной группы (или нескольких групп) к месту нарушения; необходимое количество, качество транспорта и т. д.);

– многокритериальная задача оптимального обеспечения техническими средствами охраны границы;

– комплекс задач многокритериального подхода при разработке и создании оптимального образовательного процесса в институте, в отдельных подразделениях пограничных войск и т. д.

Практически любой объект проектирования характеризуется большим количеством критериев качества проектных вариантов, неопределенностью и большим объемом исходной информации, описывающей возможную область допустимых значений. В такой ситуации лицу, принимающему решение, часто затруднительно сформулировать свои предпочтения и выбрать окончательное решение, так как для достижения нужного эффекта необходимо учитывать сразу всю эту информацию.

В данной статье сделана попытка описать один из возможных алгоритмов решения задач многокритериального проектирования, связанных с охраной Государственной границы Республики Беларусь.

Задачи, решение которых оценивается вектором Y , состоящим из n локальных критериев, которые, как правило, оказывают неоднозначное и противоречивое действие на проектируемый объект, называются многокритериальными (векторными) задачами: $Y = \{Y_1, \dots, Y_n\}$, $i = 1, n$.

Пример неоднозначного и противоречивого действия двух критериев: минимальной суммы расстояний от места расположения одной или нескольких

тревожных групп до мест возможных нарушений границы и времени доставки тревожной группы (или нескольких групп) к месту нарушения.

С решением векторных задач оптимизации связаны следующие четыре основные проблемы:

1. Определение области компромиссов.
2. Нормализация критериев – приведение их к единому масштабу.
3. Определение схемы компромиссов.
4. Учет приоритета критериев.

1. Определение области компромиссов. При решении векторных задач оптимизации на первом этапе необходимо провести сужение области возможных решений. В отличие от области согласия (круги на рисунке 1), в которой нет противоречий между критериями, существует область компромиссов – область Парето (дуга АВ), где улучшение качества одних критериев вызывает ухудшение качества других.

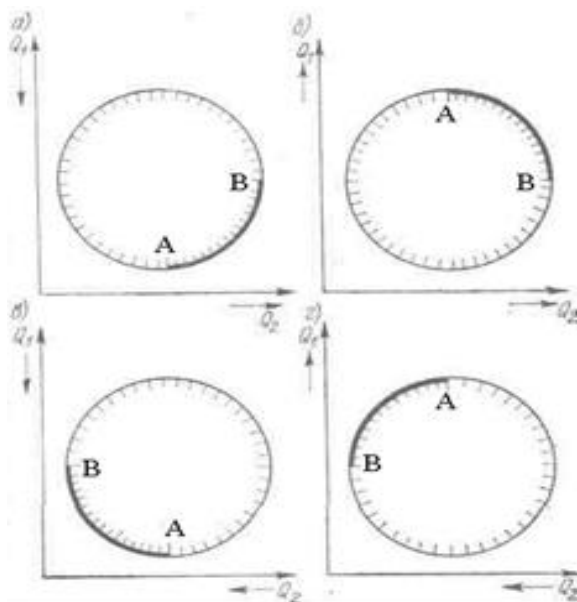


Рисунок 1 – Иллюстрация области компромиссов:

- а) $Q_1 \rightarrow \min$; $Q_2 \rightarrow \max$;
- б) $Q_1 \rightarrow \max$; $Q_2 \rightarrow \max$;
- в) $Q_1 \rightarrow \min$; $Q_2 \rightarrow \min$;
- г) $Q_1 \rightarrow \max$; $Q_2 \rightarrow \min$.

Поэтому окончательное решение лица, принимающего решение, будет находиться именно в области компромиссов. Однако для практических целей получение только множества Парето часто бывает недостаточным, потому что нам необходимо получить (помимо области Парето) иногда еще и одно единственное решение.

2. Нормализация критериев. В многокритериальных задачах оптимизации критерии измеряются, как правило, различными физическими единицами, имеют несоизмеримые масштабы. Следовательно, нормализация

критериев – это приведение критериев к единому масштабу, чаще всего к безразмерному виду:

$$\bar{Q}_j = \frac{Q_j}{Q_j^u} \in [0,1], \quad (1)$$

где Q_j^u – идеальное качество решения (или его максимальная величина).

3. Определение схемы компромиссов. Для получения окончательного решения из области Парето используются схемы компромиссов, из которых можно сравнивать и выбирать одно окончательное решение. Причем для каждого конкретного случая нужно подбирать соответствующую схему.

Принцип равенства. Минимизация осуществляется при условии равенства уровня всех критериев. Для каждого критерия определяется оптимальное значение. Затем среди оставшихся точек Парето находится такая точка, для которой ухудшение по каждому критерию одинаково (рисунок 2).

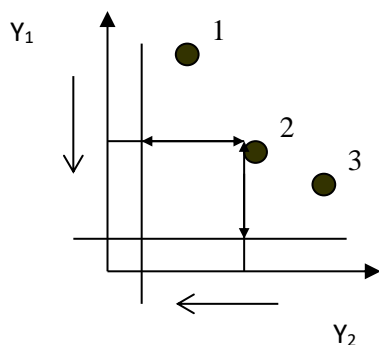


Рисунок 2 – Иллюстрация принципа равенства

Принцип абсолютной уступки. По этому принципу справедливым считается такой компромисс, при котором суммарный абсолютный уровень снижения одного или нескольких критериев не превосходит суммарного абсолютного уровня других критериев, другими словами – минимизация суммы критериев (аддитивный критерий).

$$Y = \sum Y_j, \quad j = 1, m. \quad (2)$$

Принцип относительной уступки. В данном принципе справедливым считается такой компромисс, при котором произведение относительных уровней снижения одного или нескольких критериев не превосходит произведения относительных уровней других критериев, другими словами – минимизация произведения критериев (мультипликативный критерий).

$$Y = \prod Y_j, \quad j = 1, m. \quad (3)$$

Принцип равномерности (минимакса). Идея этого принципа заключается в вариации значений критериев так, чтобы нормированные значения всех критериев стали равными, при этом осуществляется

равномерность понижения уровня всех критериев за счет «подтягивания» наихудшего из критериев с наибольшим уровнем (рисунок 3).

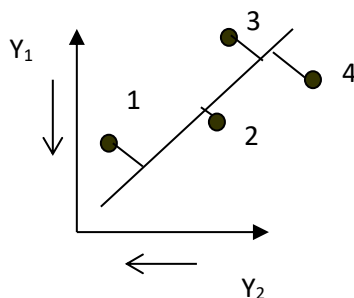


Рисунок 3 – Иллюстрация принципа минимакса

4. Учет приоритета критериев. Существуют два принципа учета приоритета критериев:

принцип жесткого приоритета;

принцип гибкого приоритета.

К данным схемам компромисса применим принцип гибкого приоритета, основанный на задании количественных характеристик приоритета критериев в виде вектора весовых коэффициентов $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m)$, каждая компонента которого определяет значимость j -го критерия по сравнению с остальными.

Например, $opt(Q, \alpha) = \max_j \prod_j Q_j^{\alpha_j} \quad \alpha_j \in [0,1]; \sum_j \alpha_j = 1, j = 1,2,\dots, m.$

При применении к схемам компромисса принципа жесткого приоритета m критериев располагаются в ряд в порядке их значимости:

$Q_1 > Q_2 > \dots > Q_m.$

Затем проводится последовательная оптимизация каждого из m критериев этого ряда.

Алгоритм принципа последовательной оптимизации заключается в следующем:

вначале ищется локальный оптимум для наиболее важного критерия;

найденный оптимум с учетом уступки фиксируется в виде дополнительного ограничения;

затем ищется локальный оптимум второго по важности критерия, но уже для новой допустимой области решений.

Последовательное сужение допустимой области решений осуществляется до тех пор, пока не будет найдено единственное оптимальное решение.

Таким образом, при решении задач проектирования охраны государственной границы с помощью многокритериальной оптимизации (многокритериального выбора) целесообразно пользоваться следующим алгоритмом:

определить области компромиссов с помощью областей Парето;

нормализовать критерии – привести их к единому масштабу;

выбрать нужную схему компромиссов;

учесть приоритет критериев.

Примером реализации задачи проектирования с помощью многокритериальной оптимизации является, например, научно-исследовательская работа за 2011–2015 гг., госрегистрация № 20122239, где автор этой статьи являлся научным руководителем темы в Государственной программе научных исследований «Механика, техническая диагностика, металлургия», подпрограмма «Механика» на 2011–2015 гг. Шифр задания: «Механика, техническая диагностика, металлургия 1.06». Тема: «Развитие теории и разработка механико-математического описания динамики многоосных и шарнирно-сочлененных автотранспортных средств в эксплуатационных режимах на основе критериев управляемости, устойчивости, безопасности движения, плавности хода и износа шин».