Оптимизация организационной структуры и системы управления морской деятельностью для целей стратегического планирования

Музалевский А.А., д.т.н., профессор. РГГМУ, Санкт-Петербург,
Карлин Л.Н. д.физ.-мат. н., профессор, РГГМУ, Санкт-Петербург

Постановка задачи

После 1991 года началась перестройка практически всех видов хозяйственной деятельности, имевшихся на территории Российской Федерации. Не избежала этой участи и морская деятельность. В результате централизованное плановое управление было разрушено, но взамен его ничего не было создано. Это привело к тому, что морская деятельность распалась на фрагменты, и каждый из участников процесса беспокоился только о своих интересах в ущерб остальным и окружающей среде.

В итоге резко уменьшился вклад в ВВП от морской деятельности, и в 2006 году он составил менее 2% от его полного объема.

Этот результат заставляет пересмотреть имеющуюся в настоящее время точку зрения на организацию, управление и стратегическое планирование морской деятельности, а также роль государства в этой деятельности.

В этой связи покажем, что повышение эффективности морской деятельности и увеличение вклада в ВВП возможно при условии изменения организационной структуры и управления этой системой с использованием базовых принципов стратегического планирования, основанных на методологии риска. Под централизованной системой понимается в данном контексте система уровня субъекта Российской Федерации.

В данном случае задача распадается на две, в первой из которых надо оценить эффективность новой организационной структуры при совместной (все участники процесса объединены в единое целое) морской деятельности и показать, что при определенных условиях она выше, чем морская деятельность в аддитивном сложении от нескольких участников (при неизменном количестве участников процесса).

Пусть суммарный выход H_0 (прибыль, доход, вклад в ВВП) в результате **совместной независимой** деятельности L участников процесса по состоянию на сегодня имеет вид:

$$H_0 = k_1(H_1^1 - H_2^1) + k_2(H_1^2 - H_2^2) + \dots + k_L(H_1^L - H_2^L) \quad (1),$$

где H_1^1 - вклад со знаком плюс, а H_2^1 - ущербы (потери), наносимые первым участником другим участникам процесса, а также окружающей среде, биоразнообразию, минеральным ресурсам и т.д. Величины H_2^L также положительны, k_L - корректирующий коэффициент, учитывающий поправки на взаимовлияние участников процесса для *1*-го субъекта хозяйствования.

Последующие члены относятся ко второму и т.д. … *L*-тому участнику процесса.

Пусть далее H - суммарный выход в результате совместной деятельности L участников процесса, если их **объединить и организовать в единую систему функционирования и управления.**

Покажем, что условие объединения выгодно и может обеспечить заданное отношение $H/H_0 = m,$ где m – положительное число большее единицы, если оптимизировать значения основных, вспомогательных и управляющих параметров каждой из подсистем и системы в целом и иметь виду возможность следования двум принципам:

1. Принцип синхронизации и согласования некоторых видов деятельности при функционировании подсистем;
2. Принцип взаимной компенсации ущербов, наносимых участниками процесса друг другу и окружающей среде.

Нетрудно видеть, что для этого надо искать минимакс (максимум выгоды при минимуме ущерба) некоторого функционала, манипулируя значениями основных параметров, которые наиболее полно характеризуют выбранную организационную структуру, подчиняя функционирование подсистем общей цели, которую мы ставим перед системой в целом с учетом главных рисков.

Математическая модель

Предположим, что у нас имеется некоторая гипотетическая организационная структура и система управления этой структурой, которая, как известно из практики, дает наиболее высокий положительный эффект. Модель этой структуры примем в качестве эталона для дальнейших действий. Будем пользоваться термином «идентификация». В статистической модели под идентификацией будем понимать определение параметров и структуры математической модели, обеспечивающей наилучшее совпадение выходных параметров предлагаемой модели с некоторой эталонной при одинаковых входных воздействиях. При этом процедура подбора и выхода на оптимизацию может быть представлена в виде трех этапов:

- выбор структуры модели на основании имеющейся априорной информации об исследуемом объекте;
- выбор критерия близости эталона и сравниваемой модели, основанный на особенностях решаемой задачи;
- определение параметров модели, оптимальных с точки зрения выбранного критерия близости;
- идентификация и анализ главных рисков, имеющихся в обеих моделях.

Сказанное означает, что на первом этапе идентификации конкретную модель следует выбирать на основании совпадения некоторого количества (начиная с трех) исходных показателей эталонной и сравниваемой модели, то есть обязательного совпадения их базовых параметров. Это означает, что этот критерий обеспечивается достаточно удачным подбором соответствующей функции распределения. Вычисление параметров этой функции на практике возможно, как правило, не единственным, а несколькими методами.

В рассматриваемом случае может быть применен частный случай многофакторного анализа - метод максимального правдоподобия.

Предположим далее, что в качестве эталона выступает такая гипотетическая модель, в которой главные риски минимальны, что, в частности, означает, что изначально будет достигнута высокая, по сравнению с существующей, эффективность функционирования системы в целом. И пусть число других вариантов, предназначенных для сопоставления с ней, равно N. Число N - целое и N больше единицы.

По основной теореме теории вероятности вероятность какого-либо события вычисляется по формуле:

$$P = \lim (n/N) \qquad (1)$$

при N стремящемся к бесконечности. В выражении *(1)* n - число появившихся событий, N - число независимых испытаний. В нашем случае число N сделать очень большим невозможно и поэтому поступим следующим образом. Воспользуемся теоремой о математическом ожидании, в которой среднее значение величины $x_{ср.}$ рассчитывается по формуле:

$$x_{\text{ср}} = \frac{1}{A}\int_0^A x f(x)\,\mathrm{d}x. \qquad (2)$$

В выражении (2) x - исследуемая величина, x_{cp} - ее среднее значение, A - интервал нормировки, $f(x)$ - функция распределения. Заметим, что $x_{cp.}$ часто называют выборочным средним значением.

Применение теоремы о математическом ожидании и выражения *(1)* теории вероятности позволяет подставить в числитель формулы *(1)* среднее из *(2)* и снять знак предела. Иными словами, вероятность появления того или иного события может быть оценена следующим образом:

$$P = n_{cp.} / N \qquad (3),$$

где $n_{cp.}$ вычислено на основании теоремы о математическом ожидании.

Отсюда следует, что если бы нам удалось найти функцию распределения, которой подчиняются отклонения в выбранных вариантах от эталона и вычислить среднее значение числа вариантов, достаточно правдоподобно совпадающих с эталоном, то, действуя далее по формуле *(3),* можно было бы количественно оценить вероятность совпадения эталона и интересующего нас варианта модели.

Предположим далее, что распределение отклонений, собранных в результате анализа, подчинено одному закону, аналитическая форма которого известна, а параметры, входящие в это распределение - не известны.

Это утверждение предполагает, что результаты наблюдений $X_1, X_2, \ldots X_n,$ то есть изучаемые варианты модели организационной структуры, являются взаимно независимыми случайными величинами с одним и тем же распределением вероятности, зависящим от одного или нескольких параметров. Эти параметры могут быть найдены следующим образом. Введем функцию правдоподобия ***G:***

$$G = \sum_{\nu=1}^{n} \ln f(X_\nu, u, v) + \sum_{k=1}^{q} \ln[1 - F(X_k, u, v)], \quad (4)$$

в которой $f\ (X_v,\ u,\ v)$ - плотность вероятности, $F(Xk,\ u,\ v)$ — соответствующая функция распределения, u и v- параметры этого закона.

Переменные X_v и X_k называются случайными и им придается вполне определенное количественное значение (матрица значений), которое вытекает из требований задачи. Ниже будет уточнен их смысл.

Пусть далее, как указано выше, N - полное число вариантов организации совместной деятельности. Применим к ним процедуру сопоставления по критериям, которые были указаны выше. Получим: n — число отобранных вариантов, не удовлетворяющих трем критериям. Тогда $q = N - n$ - число вариантов, продолжающих участвовать в процедуре сопоставления.

Параметры u и v, входящие в выражение *(4)* отыскиваются из решения уравнений правдоподобия в частных производных:

$$\frac{\partial G}{\partial u} = 0, \ \frac{\partial G}{\partial v} = 0. \qquad (5)$$

Если закон распределения однопараметрический, то есть f и F зависят только от одного параметра, (например, экспоненциальный), то вместо двух уравнений *(5),* будем иметь одно.

Предположим, что отклонения выбранного варианта от эталона подчиняются экспоненциальному распределению. В этом случае плотность вероятности и функция распределения будут иметь вид:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} e^{\ x/\alpha}, \ \ F = 1 - e^{-x/\alpha}, \qquad (6)$$

где а - параметр, подлежащий определению.

Подставим выражения *(6)* в формулу *(4)*. Получим:

$$G = -n \ln \alpha - \frac{1}{\alpha}\left(\sum_{\nu=1}^{n} X_{\nu} + \sum_{k=1}^{q} X_k\right). \qquad (7)$$

Дифференцируя функцию правдоподобия по параметру **ά** и решая полученное выражение относительно **ά**, получим:

$$\alpha = \frac{1}{n}\left(\sum_{\nu=1}^{n} X_{\nu} + \sum_{k=1}^{q} X_k\right). \qquad (8)$$

Таким образом, получены "общие" формулы для расчета требуемых параметров. Если воспользоваться иными законами распределения, то формулы типа (8) будут иметь другой вид. Поэтому здесь слово "общие" взято в кавычки.

Предположим, что число N, то есть число возможных вариантов (моделей) организации морской деятельности, равно 10. Тогда, понятно, что число отброшенных вариантов может изменяться от нуля до десяти. Но, с точки зрения метода максимального правдоподобия значение "нуль" должно быть исключено как не отвечающее условиям задачи (выражение *(8)* станет неопределенным). Значит, значения n заключены в интервале: $1 < n < 10$. Так как $q = N - n$, то величина q будет изменяться в пределах: $1 < q < 9$. Каждый из этих вариантов n и q, соответственно, дает свои значения параметров X_v и X_k, а значит у экспоненты будет разный показатель степени.

Все сказанное можно просуммировать и свести к набору правил, по которым, действуя последовательно можно получить завершенную процедуру идентификации, а значит и выбора эффективной организационной структуры.

1. Разрабатывают достаточно много вариантов моделей (структур) с набором рисков, которые могут рассматриваться как главные, приемлемые и неприемлемые. Необходимо, чтобы N было как можно больше (не менее 10), так как высокое значение N обеспечивает лучшую степень достоверности результата.
2. Проводят их идентификацию согласно предварительно разработанным критериям.
3. Находят число отброшенных вариантов.
4. Находят число вариантов, продолжающих участвовать в процедуре оптимизации.
5. Зная число тех и других вариантов, вычисляют параметры выбранного распределения.
6. Рассчитывают число $n_{ср.}$ - усредненное число вариантов, правдоподобность которых не оспаривается.
7. Проводят численную оценку конечного результата.
8. В том случае, если полученные значения вероятности совпадения выбранных вариантов с эталонным $P > C$, где C - наперед заданное число, процедура выбора завершается.

Пример численного расчета

В расчете рассматривалось несколько вариантов организационной структуры с разным числом участников процесса (транспорт, рыболовство, добыча минеральных ресурсов, рекреация и др.) и по 10 значимых параметров, в том числе главные риски, характеризующих их деятельность и взаимное влияние друг на друга.

Пусть в результате сортировки и отбора вариантов получилось: $N = 10$ - полное число вариантов, $n = 4$ - число изначально забракованных вариантов. $q = N - n = 6$ - число вариантов, дальнейшее рассмотрение которых целесообразно. Здесь важно подчеркнуть, что в процедуре оптимизации должны участвовать все варианты, как отклоненные, так и принятые.

Как отмечалось выше n и q могут принимать ряд значений от 1 до 10 с шагом дискретизации равным единице. Случай $n = 0$ выпадает из рассмотрения методом максимального правдоподобия, так как это случай очевидный - полное совпадение рассматриваемого варианта с эталоном.

Для дальнейшего расчета введем два класса случайных величин:

- класс Xv - число контрольных параметров, не совпадающих с эталонными по критериям первого уровня;

- класс Xk - количество контрольных параметров, совпадающих с эталонными значениями по критериям первого уровня.

В согласии с предположением $n = 4$ и $q = 6$ случайная величина Xv меняется через единицу, пока ее сумма не достигнет значения равного 4, а сумма Xk - значения равного 6.

Подставляя эти величины в соответствующие формулы, можно получить:

$$\alpha = \frac{1}{n}\left(\sum X_v + \sum X_k\right) = \frac{1}{4}(4+6) = \frac{5}{2}. \qquad (9)$$

Для дальнейшего рассмотрения можно применить экспоненциальное однопараметрическое распределение

$$F(x) = 1 - e^{-2x/5}, \qquad (10)$$

после чего нетрудно подсчитать среднее число имеющихся вариантов, достоверно совпадающих с эталоном:

$$n_{\text{ср}} = \frac{1}{q}\int_0^q xF(x)\mathrm{d}x = \frac{1}{6}\int_0^6 x(1 - e^{-2x/5})\mathrm{d}x. \qquad (11)$$

Пределы интегрирования и нормировка следуют из того, что интервал достоверности охватывает шесть единиц.

Для подсчета интеграла (11) можно воспользоваться формулой

$$\int_0^u x^n e^{-\mu x}\mathrm{d}x = \frac{n!}{\mu^{n+1}} - e^{\mu u}\sum_{k=0}^{n}\frac{n!}{k!}\frac{u^k}{\mu^{n-k+1}}. \qquad (12)$$

В результате вычислений получается:

$$\boldsymbol{P = n_{cp}/N = 6.7 / 10 = 0.67 = 67\%.}$$

Результаты и их обсуждение

Обсуждение процедуры оптимизации организационной структуры и системы управления в условиях неопределенности тесным образом связано с оценкой погрешности метода в целом. Из предыдущего раздела следует, что вероятность совпадения выбранного варианта с эталоном должна быть больше некоторого числа С. Оценим это число.

Детальный анализ систематических погрешностей метода показывает, что коэффициент ее вариации заведомо не превышает 10% в случае однородных выборок, имеющих большую вероятность смещения вычисленного по теореме о математическом ожидании выборочного среднего относительно среднего значения всей генеральной совокупности.

Что касается погрешности самого метода максимального правдоподобия, то известно, что он дает асимптотически точный результат при N более 30. При N= 20 относительная погрешность метода составляет около 5% и, наконец, при N = 10 относительная погрешность может достигать 10%.

Подводя итог и, принимая во внимание наихудший вариант, можно утверждать, что максимальная величина суммарной погрешности может достигать 20%. Эта величина определяет константу С. Действительно, в опорных случаях, например, при $n = N/2$. 20% от 0.5 составляет 0.1 и понятно, что число С должно быть порядка 0.6. Таким образом, нижняя граница вероятности P, начиная с которой можно достаточно уверенно утверждать, что выбранный вариант близок к эталону, должна превышать 0.6.

Поэтому полученное в численном расчете соотношение $P > C$, говорит о том, что выбранный вариант совпал с эталоном с достаточной определенностью.

Резюме

Предложенный теоретический подход к решению задачи идентификации в условиях неопределенности представляет собой математическую модель, удовлетворяющую требованиям, предъявляемым к информации, поступающей в систему принятия решений. Эта модель относится к описательному типу, так как взятая в отдельности не может однозначно решить задачу идентификации.

Точность метода в значительной степени связана с удачным подбором соответствующего закона распределения. Поиск необходимого закона распределения, как правило, диктуется условиями и спецификой самой задачи и в заметной степени зависит от опыта и интуиции исследователя. В первом приближении приемлемым является нормальное распределение случайных величин. Однако, предложенная схема разбиения случайных величин на классы и ограниченность числа возможных вариантов, с одной стороны, а также сам метод максимального правдоподобия, с другой стороны, указывают на необходимость привлечения и других распределений.

В спорных случаях предложенный метод вполне уверенно отвечает на вопрос о том, можно ли считать описанную процедуру приемлемой или нет. При том же законе распределения, который рассмотрен выше, при n = 5 и q = 5 в результате расчета получится P = 0.47, что меньше С равного 0.6. Значит, в этом случае идентификация неудовлетворительна.

В итоге получаем, что на уровне расчета можно получить требуемое повышение суммарного эффекта в отношении $H / H_0 = m$, где $m > 1$ в шкале правдоподобия *(0 - 1)* с высоким значением вероятности равным *0,67* (Шанс достичь желаемого расценивается как *7 к 3*).

Таким образом, объединение участников процесса общей целью и переход к единой системе функционирования и управления возможен и целесообразен.