

О ПРОГНОЗИРОВАНИИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

М.Ю. Алехин, доктор экономических наук, профессор;

А.Ю. Янченко, кандидат экономических наук.

Санкт-Петербургский государственный морской технический университет.

В.В. Крымский, кандидат экономических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены теоретические аспекты прогнозирования чрезвычайных ситуаций. Предложено использование множественной линейной регрессионной модели как основы для прогнозирования экономического ущерба от чрезвычайных ситуаций, в частности при ремонте судов. Проанализирована проблема мультиколлинеарности при выборе факторов, влияющих на развитие чрезвычайной ситуации.

Ключевые слова: чрезвычайные ситуации, методы прогнозирования, экономический ущерб, множественная линейная регрессия, мультиколлинеарность

FORECASTING OF ECONOMIC DAMAGE FROM EMERGENCIES

M.Y. Alekhin, A.Y. Yanchenko.

Saint-Petersburg university of State marine technical.

V.V. Krimskiy.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

This article explores the theoretical aspects of forecasting of emergency situations. The use of multiple linear regression model as a basis for predicting the economic damage from emergencies, in particular in the repair of ships, is proposing. The problem of multicollinearity in selecting the factors, influencing the development of an emergency, is analysing.

Key words: emergency, methods of forecasting, economic damage, multiple linear regression, multicollinearity

Методы прогнозирования чрезвычайных ситуаций (ЧС) можно разделить на две основные группы:

- методы прогнозирования возникновения ЧС;
- методы прогнозирования последствий ЧС.

В связи с таким разделением, будет различаться и методический аппарат для прогноза.

При прогнозировании возникновения ЧС возможно рассмотрение такого прогноза по различным параметрам (место, сила, время, частота), а также по времени предотвращения ЧС (краткосрочный, среднесрочный, долгосрочный). Дальнейшая методика прогнозирования будет зависеть от имеющихся статистических данных, и будет предполагать вероятностно-статистический, вероятностно-детерминированный или детерминировано-вероятностный подходы.

Для прогнозирования последствий ЧС большое значение имеет время проведения таких прогнозов: заблаговременно, оперативно по факту или апостериорно. По этой причине и методы прогнозирования будут делиться на экспериментальные, расчетно-экспериментальные и расчетные по моделям.

Методы прогнозирования последствий ЧС используются для определения ущерба при чрезвычайных ситуациях. В этом контексте понятия последствий и ущерба тесно связаны между собой, хотя понятие последствий ЧС носит обобщенный, неэкономический характер, в то время как понятие ущерба есть экономическая количественная величина, которая должна представляться в стоимостном выражении. Ущерб – это оцененные последствия, фактические или возможные социальные и экономические потери.

Реальный ущерб от ЧС населению и окружающей природной среде – это не только затраты на эвакуацию, аварийно-восстановительные работы. Он связан с причинением вреда различным объектам (физическим лицам, организациям, государству, окружающей среде) по различным составляющим. Результатом ЧС в зависимости от ее масштаба, длительности, места возникновения, метеоусловий и т.п. могут быть: гибель людей, их ранения или заболевания с последующей частичной или полной потерей трудоспособности, гибель наземных и водных животных и растений, потери движимого и недвижимого имущества, потери произведенной продукции и неполучение доходов при произведенных затратах, моральный ущерб пострадавших. По всем этим последствиям потерпевшие могут предъявить владельцу объекта, послужившего источником воздействия, иск о возмещении нанесенного ущерба, затрат на аварийно-спасательные работы, направленные на уменьшение последствий (тушение пожаров, эвакуацию людей и имущества, медицинскую помощь пострадавшим в зоне воздействия и т.п.).

Естественно, все составляющие ущерба могут оцениваться в натуральных единицах, свойственных рассматриваемому виду вреда, но для сравнения последствий от различных ЧС, при расчете предотвращенного в результате принятых мер ущерба и экономической эффективности мер по обеспечению безопасности все составляющие ущерба целесообразно оценивать в стоимостном выражении. Базой для методик оценивания являются текущие цены на товары и услуги, судебная практика, опыт имущественного и личного страхования.

Применительно к оценке эффективности затрат на предотвращение ЧС, все виды ущерба будут называться предотвращенными и фактически определяться разностью сумм ущерба до принятия мер по предотвращению ЧС и после принятия мер по предотвращению ЧС. Расчет данных показателей может проводиться с помощью методов прогнозирования последствий ЧС, в соответствии с которыми строится функция, описывающая зависимость величины ущерба от большого числа факторов, связанных с характером чрезвычайной ситуации. Вследствие недостаточного объема зафиксированных статистических данных по ущербу вид функциональных зависимостей ущерба от влияющих факторов для большинства ЧС пока не установлен, что делает задачу нахождения подобных функций весьма актуальной [1].

Для сужения круга прогнозируемых последствий ЧС, ограничимся рассмотрением одной предметной области – ремонт судов. В данном случае для прогноза ущерба y в результате ЧС на ремонтируемом судне возможно использовать множественную линейную регрессионную модель с p переменными:

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_px_p + \varepsilon. \quad (1)$$

Каждое x_i представляет собой набор из n наблюдений по одному и тому же влияющему фактору; ε – случайное отклонение от линии регрессии. Коэффициенты b_i – это частные производные y по соответствующим факторам x_i :

$$b_1 = \frac{\partial y}{\partial x_1}, b_2 = \frac{\partial y}{\partial x_2}, \dots, b_p = \frac{\partial y}{\partial x_p}.$$

при условии, что все остальные факторы неизменны.

Главная цель прогнозирования с помощью множественного регрессионного анализа заключается в построении модели с большим числом факторов и определении при этом

влияния каждого из них в отдельности, а также их совокупности на моделируемый показатель. Таким образом, можно не только построить модель зависимости ущерба от влияющих факторов, но и определить степень влияния каждого фактора на ущерб в отдельности.

Приступая к построению множественной регрессии, в самом начале необходимо решить проблему отбора факторов, которые будут учитываться в регрессионном уравнении. При отборе факторов существуют определенные правила, выполнение которых необходимо, иначе оценки параметров уравнения и оно само, будут недостоверными и не отразят истинную связь прогнозируемого признака с факторами [2].

Факторы должны отвечать следующим требованиям:

1. Факторы должны быть количественно измеряемы. Если в модель необходимо включить качественный фактор, не имеющий количественной меры, то ему нужно придать количественную определенность (например, проранжировать), наличие или отсутствие какого-либо признака также должно придаваться числовое значение (например, 0 или 1).

2. Каждый фактор должен быть достаточно тесно связан с результатом (то есть коэффициент парной линейной корреляции между каждым включаемым в модель фактором и результатом должен отличаться от нуля, причем на достаточно большую величину, что требуется для подтверждения наличия связи).

3. Факторы не должны быть тесно связаны между собой и тем более находиться в строгой функциональной связи (не должны коррелировать друг с другом).

Отбор факторов для включения в модель обычно осуществляется в два этапа: на первом – подбираются факторы в зависимости от экономической сущности проблемы (то есть набор факторов определяется непосредственно самим исследователем), а на втором – на основе матрицы парных коэффициентов корреляции устанавливается теснота связи для параметров регрессии.

Для оценки ущерба при ЧС на ремонтируемом судне можно использовать следующие факторы:

- стоимость ремонтируемого объекта;
- площадь объекта;
- площадь разрушений в результате ЧС;
- вероятность возникновения данной ЧС;
- выплата заработной платы работникам за время простоя;
- оплата демонтажных работ и работ по расчистке и уборке объекта;
- потери от недополучения прибыли из-за простоя;
- оплаты штрафов за невыполнение обязательств;
- потери, связанные с вложением средств на восстановление объекта;
- выплата пенсий и пособий в случае гибели людей;
- выплата пособий пострадавшим;
- стоимость клинического или санаторно-курортного лечения пострадавших;
- оплата временной нетрудоспособности работников.

Данные факторы должны быть проанализированы на предмет наличия взаимосвязи. Считается, что две переменные явно коллинеарны, то есть линейно зависимы друг от друга,

если коэффициент корреляции между ними $r_{x_i x_j} \geq 0,7$. Если факторы явно коллинеарны, то они дублируют друг друга, и один из них рекомендуется исключить из регрессии. Особенность исключения фактора состоит в том, что предпочтение отдается не более тесно связанному с моделируемым результатом, а тому, который при достаточно тесной связи с результатом имеет наименьшую тесноту связи с другими факторами, включаемыми в модель. В требовании проявляется специфика множественной регрессии как метода исследования совокупного воздействия факторов в условиях их независимости друг от друга.

Для определения коллинеарности между факторами, влияющими на величину ущерба, необходимо построить матрицу парных коэффициентов корреляции. Однако она позволяет проследить лишь явную связь между факторами (попарно). Намного сложнее установить так

называемую мультиколлинеарность факторов, когда более чем два из них связаны между собой нестрогой линейной зависимостью. В связи с этим наибольшие трудности встречаются, когда необходимо выявить совокупное воздействие нескольких факторов друг на друга. Если при исследовании модели приходится сталкиваться с мультиколлинеарностью, то это означает, что некоторые из включаемых в модель факторов всегда будут действовать вместе.

Включение в модель мультиколлинеарных факторов может привести к нежелательным последствиям. Оценки параметров уравнения регрессии станут ненадежными, они могут иметь неправильные с точки зрения теории знаки или неоправданно большие значения. Можно также столкнуться с тем, что при изменении объема наблюдений, по которым строится модель, оценки параметров изменяются как по величине, так и по знаку, что недопустимо. Также затрудняется интерпретация параметров множественной регрессии как характеристик воздействия каждого из факторов в чистом виде. Если факторы коррелированы, то становится невозможным определить изолированное влияние каждого из них на моделируемый показатель.

На практике о наличии мультиколлинеарности судят по определителю матрицы парной межфакторной корреляции.

Для модели множественной линейной регрессии вида (1)
 $y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_px_p + \varepsilon$, определитель матрицы парной межфакторной корреляции будет следующим:

$$Det|RI| = \begin{vmatrix} r_{x_1x_1} & r_{x_1x_2} & \dots & r_{x_1x_p} \\ r_{x_2x_1} & r_{x_2x_2} & \dots & r_{x_2x_p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{x_px_1} & r_{x_px_2} & \dots & r_{x_px_p} \end{vmatrix}.$$

Если факторы вообще не коррелируют между собой, то определитель данной матрицы равняется единице, так как в этом случае по диагонали стоят единицы, а все недиагональные элементы равны нулю:

$$Det|RI| = \begin{vmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{vmatrix} = 1.$$

Если наоборот, между факторами существует полная линейная зависимость и все коэффициенты корреляции равны единице, то определитель такой матрицы равен нулю:

$$Det|RI| = \begin{vmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 1 & \dots & 1 \end{vmatrix} = 0.$$

Можно сделать вывод, что чем ближе к нулю определитель матрицы межфакторной корреляции, тем сильнее мультиколлинеарность факторов и ненадежнее результаты множественной регрессии. И наоборот, чем ближе к единице определитель матрицы межфакторной корреляции, тем меньше мультиколлинеарность факторов.

При наличии явной мультиколлинеарности в модель следует включать не все факторы, а только те, которые в меньшей степени влияют на мультиколлинеарность при условии, что качество модели снижается при этом незначительно. В наибольшей степени влиять на мультиколлинеарность будет тот фактор, который теснее связан с другими

факторами модели, то есть имеет более высокие по модулю значения коэффициентов парной линейной корреляции.

Отбор факторов, включаемых в регрессию, – один из важнейших этапов при практическом использовании методов регрессии. Подходы к отбору факторов на основе показателей корреляции могут быть разные: либо с помощью отсева факторов из полного его набора (метод исключения), либо с помощью дополнительного введения фактора (метод включения), либо за счет исключения ранее введенного фактора (шаговый регрессионный анализ). Однако в целом эти методы дают близкие результаты.

При отборе факторов также рекомендуется соблюдать следующее правило: число включаемых в модель факторов должно быть в шесть-семь раз меньше объема совокупности, по которой строится регрессия.

Таким образом, для прогнозирования ущерба при ЧС на ремонтируемом судне необходимо построить модель множественной линейной регрессии вида (1) по статистическим данным не менее чем за шестилетний период.

Литература

1. Айвазян С.А. Прикладная статистика. Основы эконометрики: в 2 т. 2-е изд., испр. Т. 2: Основы эконометрики. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 432 с.
2. Акимов В.А. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах. М.: Деловой экспресс, 2004. 352 с.