

НЕКОТОРЫЕ СПОСОБЫ АНАЛИЗА ДОСТОВЕРНОСТИ ПРОГНОЗИРУЕМЫХ ВЕЛИЧИН, ВОЗНИКАЮЩИХ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ

SOME WAYS TO ANALYZE THE RELIABILITY OF PREDICTED VALUES ARISING IN THE ACTIVITIES OF SOCIAL SYSTEMS

A. Lebedev

Summary. The article deals with some issues related to the accuracy of the predictions of statistical values, as well as methods of analysis the reliability of predicted values. The values over, got as a result of prognostication of statistical indexes of frames of society and some banal estimations of their rightness, are brought. Criteria are discussed for judgement about quality of temporal rows of prognoses, for example, of point of turn. It is shown that a criterion of quality of prognosis is not invariant in relation to replacement of variables, that it is especially important at forming of some new variables. Integral criterion prediction accuracy is proposed and designed.

Keywords: data of social systems, forecast, forecast accuracy.

Лебедев Алексей Викторович

*Д.т.н., к.ф.-м.н., профессор, Тверской филиал
Российской академии народного хозяйства
и государственной службы при Президенте
Российской Федерации
lebedevavic@rambler.ru*

Аннотация. В статье рассмотрены некоторые вопросы, касающиеся точности проведенных прогнозов статистических величин, а также способы анализа достоверности прогнозируемых величин. Приведены значения, полученные в результате прогнозирования статистических показателей социальных систем и некоторые тривиальные оценки их правильности. Обсуждены критерии для суждения о качестве временных рядов прогнозов, например, точки поворота. Показано, что критерий качества прогноза не является инвариантными по отношению к замене переменных, что особенно важно при формировании некоторых новых переменных. Предложен и рассчитан интегральный критерий точности прогноза.

Ключевые слова: данные социальной системы, прогноз, точность прогноза.

При составлении прогнозов величин, возникающих в деятельности социальных систем, часто возникает проблема проверки точности данных, подготовленных в процессе прогнозирования деятельности социальной системы. Она заключается в ответе на вопрос: оправдывается ли полученное значение прогноза?

Для ответа на этот вопрос, видимо следует поставить и следующие сопутствующие вопросы:

- ◆ охватывает ли полученный интервальный прогноз действительное значение;
- ◆ равна ли самом деле средняя ошибка прогноза нулю или, иными словами, действительно ли отклонения реальных данных от прогнозов вверх и вниз происходят с одинаковой частотой?

Анализ погрешности прогноза всегда связан с ошибками прогноза, т.е. с разницей между прогнозным значением и реализацией его на практике. Причем часто бывает так, что значение прогноза зависит от прогнозов еще и других величин, которые называют прогнозами «высшего порядка» по отношению к первым.

Кроме того, необходимо помнить и о допущении об инерционности рассматриваемой системы. Т.е. если

прогноз составляется на основе некоторой системы уравнений, полученной по данным более ранних периодов, то прогнозируемый показатель является некоторой функцией (или рекуррентным соотношением) совокупности коэффициентов данной системы. Нет необходимости говорить, что любое изменение связей установленных в указанной системе уравнений затрагивает и итоговое прогнозное значение [1].

Особым образом хотелось бы оговорить и вопрос ошибок наблюдения в рассматриваемых величинах. Назовем величины A , $A+e_m$ и $A+e_f$ соответственно истинной величиной, наблюдаемой величиной и предсказываемой величиной. Отсюда e_m — ошибка измерения и e_f — ошибка прогноза.

Вообще очень часто можно слышать утверждение, что система построения статистических учетов не предусматривает ошибки измерения, иными словами каждое значение находится с абсолютной точностью. С точки зрения автора подобное утверждение абсурдно.

Наблюдаемой ошибкой прогноза является

$$A+e_f - (A+e_m) = e_f - e_m \quad (1)$$

Таблица 1

Прогнозное значение	Доверительный интервал	Доверительный интервал (%)	1/2 доверительного интервала (%)	Наблюдаемое значение	Попадание в доверительный интервал	Тенденция	Отклонение от предсказанного значения	Отклонение от предсказанного значения (%)
881,8	100	11,34	5,67	880,9	да	да	-0,9	-0,10
29	10	34,48	17,24	31	да	Да Точка поворота	2	6,90
1230	160	13,01	6,50	1255	да	Да Точка поворота	25	2,03
203	80	39,41	19,70	194	да	Да Точка поворота	-9	-4,43
279	100	35,84	17,92	297	да	да Точка поворота	18	6,45
27	8	29,63	14,81	28	да	Да Точка поворота	1	3,70
38	12	31,58	15,79	42	да	Да Точка поворота	4	10,53
312	60	19,23	9,62	255	нет	нет	-57	-18,27
3600	564	15,67	7,83	3582,5	да	Да Точка поворота	-17,5	-0,49
1280	400	31,25	15,63	1317,6	да	Да Точка поворота	37,6	2,94

Таким образом, становится ясным, что анализу величины погрешности прогноза мешают ошибки измерения. Предположим, что указанный анализ основан на дисперсии ряда наблюдаемых ошибок прогноза, т.е. на уравнении вида

$$\begin{aligned} \text{var}(e_f - e_m) &= \text{var}(e_f) - \text{var}(e_m) - 2\text{cov}(e_f, e_m) = \\ &= s_f^2 + s_m^2 - 2rs_f s_m \end{aligned} \quad (2)$$

где s_f и s_m являются стандартными отклонениями ошибок прогноза и ошибок наблюдения, а r — коэффициент их корреляции.

Из выше сказанного вытекает, что если ошибки не коррелируют между собой, то дисперсия наблюдаемых ошибок прогноза превысит дисперсию истинных ошибок прогноза.

Попробуем оценить указанное влияние, для чего рассмотрим величину относительной разности указанных дисперсий, которая будет равна $x^2 - 2rx$, где x — есть отношение дисперсий, $x = s_m / s_f$.

Если $r < 0$, то оба члена указанной разности будут иметь противоположные знаки, следовательно, итоговое значение будет не слишком велико. Однако мы видим, что в случае $s_m > s_f$ ошибка наблюдения приводит к переоценке ошибки прогноза, что говорит об определяющей роли качества данных при подготовке прогноза.

В таблице 1 приведены значения, полученные в результате прогнозирования статистических показателей социальных систем и некоторые тривиальные оценки их правильности.

Таблица 2

Прогнозное значение	Наблюдаемое значение	Доверительный интервал	1 четверть доверительного интервала	2 четверть доверительного интервала	3 четверть доверительного интервала	4 четверть доверительного интервала	Тенденция	Точка поворота	Интегральная оценка
881,8	880,9	100	+	-	-	-	да	нет	4,2
29	31	10	-	+	-	-	Да	Да	4
1230	1255	160	-	+	-	-	Да	да	4
203	194	80	-	+	-	-	да	Да	4
279	297	100	-	+	-	-	Да	да	4
27	28	8	+	-	-	-	да	Да	5
38	42	12	-	-	+	-	Да	да	3
312	255	60	-	-	-	+	Нет	Нет	1
3600	3582,5	564	+	-	-	-	да	Да	5
1280	1317,6	400	-	+	-	-	да	Да	4

Очевидно, что в ряде случаев попадание в доверительный интервал оказывается возможным только в следствие того, что он был выбран достаточно широким.

Кроме того, существует определенное условие, связанное с множественными прогнозами. Его можно назвать «внутренней согласованностью». Оно затрагивает следующую проблему: должны ли взаимосвязи между прогнозами удовлетворять тем же уравнениям и неравенствам, которым подчиняются действительные данные.

Предположим, что три показателя связаны между собой соотношением $PQ = V$

Также предположим, что сделан точечный прогноз этих трех переменных P, Q и V . Встает вопрос: сохранится ли указанное выше соотношение между прогнозными значениями? Или же другими словами, должно ли предсказание подчиняться ограничению $P_f Q_f = V_f$

Предположим, что P_f, Q_f и V_f являются не смещенными точечными прогнозами для которых математическое ожидание $E\hat{\epsilon}_P = 0, E\hat{\epsilon}_Q = 0$ и $E\hat{\epsilon}_V = 0$. Тогда допуская, что осуществление событий имеет стохастический характер, а прогноз не стохастический, имеем $E(P_f Q_f - PQ) = -cov(\hat{\epsilon}_P, \hat{\epsilon}_Q)$

Но в то же время $E(P_f Q_f - PQ) = E(V_f - V) = 0$

Из вышеизложенного следует противоречие, которое не может быть объяснено в случае, если ошибки $(\hat{\epsilon}_P, \hat{\epsilon}_Q)$ коррелируют, иными словами $cov(\hat{\epsilon}_P, \hat{\epsilon}_Q) \neq 0$. Поэтому либо наше условие не выполнено, либо по крайней мере одна из трех оценок не должна быть не смещенной.

Особенно интересно применение этого условия «внутренней согласованности» к интервальным аддитивным множественным прогнозам. В случае нашей таблицы ряд показателей аддитивен и ошибка прогноза могла быть видимо устранена еще на стадии прогнозирования в случае существенного сужения доверительных интервалов.

В любом случае, в случае множественных прогнозов условие «внутренней согласованности» прогнозов должно находить свое отражение в интегральной оценке качества прогноза.

Перейдем теперь, к хорошо известному критерию для суждения о качестве временных рядов прогнозов — точкам поворота.

Если существует значительная положительная серийная корреляция большинства временных рядов, то сравнительно легко предсказать продолжение роста и спада прогнозируемой величины [2]. Реальный успех достигается в том случае, если верно предсказано развитие такого показателя. Т.е. прогноз фиксирует наличие локального (глобального) максимума (минимума) и он

реализуется в действительности. Промахом является обратная ситуация, в случае сохранения тенденции развития, точки поворота не рассматриваются.

В указанных 10 прогнозах в 8 случаях была предсказана точка поворота, в одном случае был допущен промах.

Количественной мерой для описания предсказаний точек поворота может являться величина, представляющая собой количество исходов с не угаданной точкой поворота к общему количеству прогнозов, где такая точка наблюдалась.

Малое значение данной величины свидетельствует об успешности прогноза точки поворота. В нашем случае мы имеем $1/9=0,11$.

Отметим, что хотя анализ точек поворота может носить глубокий характер, однако его значение не следует переоценивать. Во-первых, этот анализ не является инвариантным по отношению к замене переменных, что особенно важно при формировании некоторых новых переменных при моделировании процессов и проведение дальнейшего прогнозирования с использованием механизма предикторов.

Еще одной характеристикой качества прогнозов по нашему мнению может служить не просто попадание предсказываемой величины в доверительный интервал, а попадание в ту или же иную его часть [3]. Таким образом, доверительный интервал, может быть разбит на 4 части. В этом случае наша оценка может видоизменена следующим образом (см. таблицу 2).

Интегральную оценку прогноза будем находить следующим образом:

- ◆ если прогнозное значение попало в первую четверть то оцениваем прогноз в 4 балла по 5 балльной шкале, во 2 — в 3 балла, в 3–2, в 4–1;
- ◆ за угаданную тенденцию даем 0,2 балла;
- ◆ за угаданную точку поворота 0,8 балла.

Таким образом, итоговое значение средней интегральной оценки для 10 прогнозов составит 3,72 балла.

Указанная оценка достаточно не совершенна [4] и может быть улучшена в первую очередь для случая составления долгосрочных прогнозов, когда в качестве измерителя качества прогноза, может быть использован коэффициент корреляции между рядами прогнозов и действительными результатами.

Возможно предложить некоторый альтернативный измеритель качества прогноза

$$U = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum (P_i - A_i)^2}}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum P_i^2 + \frac{1}{n} \sum A_i^2}} \quad (3)$$

где P — результаты прогнозов, а A — соответствующие действительные (наблюдаемые) результаты.

Очевидно, что нахождение такого измерителя актуально только для долгосрочных прогнозов, когда количество прогнозируемых периодов составляет не менее 3.

Подкоренное выражение числителя может быть представлено в виде

$$\begin{aligned} \frac{1}{n} \sum (P_i - A_i)^2 &= \\ &= (\bar{P} - \bar{A})^2 + (s_P - s_A)^2 + 2(1-r)s_P s_A \end{aligned} \quad (4)$$

где P, A, S_P, S_A являются средними арифметическими и стандартными отклонениями рядов прогнозируемых и наблюдаемых значений, а r — коэффициентом корреляции этих рядов.

Приняв следующее выражение для D

$$D = \sqrt{\frac{1}{n} \sum P_i^2 + \frac{1}{n} \sum A_i^2} \quad (5)$$

будем иметь, что

$$U_M = \frac{(\bar{P} - \bar{A})}{D}$$

$$U_S = \frac{s_P - s_A}{D}$$

$$U_C = \frac{\sqrt{2(1-r)s_P s_A}}{D}$$

Полученные коэффициенты можно назвать частными коэффициентами расхождения для центральной тенденции, дисперсии и ковариации, поскольку они будут демонстрировать доли расхождения, определяемые тремя различными источниками.

Нахождение указанных частных коэффициентов представляет несомненный интерес [5]. Сравнение величин вышеуказанных измерителей может дать дополнительную информацию о качестве прогноза и помочь установить слабые стороны модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедев А. В. Информационная поддержка процесса принятия решения во ФСИН России // Вестник Владимирского юридического института ФСИН России. — 2011. — № 3(20). — С. 38–45.
2. Лебедев А. В. Математическая модель преступности в условиях реального управления // Вестник Владимирского юридического института ФСИН России. — 2011. — № 4. (21). — С. 92–99.
3. Лебедев А. В., Горшко И. В. Особенности криминологического прогнозирования с использованием информации, содержащейся в едином банке данных учета осужденных, подозреваемых и обвиняемых // Вестник Вологодского института права и экономики ФСИН России. — 2011. — № 4 (16). — С. 4–8.
4. Гинис Л. А. Обзор методов научного прогнозирования // Известия ЮФУ. Технические науки. — 2009. № 3, С. 28–36.
5. Рудакова Р. П. Методологические основы социально-экономического прогнозирования // Вестник ЛГУ им. А. С. Пушкина. — 2010. № 2, С. 85–91.

© Лебедев Алексей Викторович (lebedevavic@rambler.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

