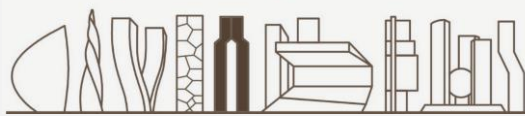
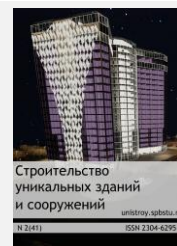




Construction of Unique Buildings and Structures



journal homepage: www.unistroy.spb.ru



Диагностические матрицы при оценке состояний железобетонных балок

В.А. Соколов¹, Т.А. Мусорина², Е.Д. Старшинова³, Н.Ю. Миронов⁴, А.Р. Сабирзянов⁵

¹⁻⁵Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.

Информация о статье

УДК 519.21

История

Подана в редакцию 31 октября 2015

Ключевые слова

диагностические признаки;
диагностический вес признака;
метод Байеса;
техническое состояние балки;
реализация;
апостериорная вероятность;

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассмотрены вопросы устойчивости и информативности диагностических матриц, которые используются при определении технического состояния строительных конструкций на основе математического аппарата технической диагностики. Используется один из наиболее распространенных методов технической диагностики – статистический метод Байеса. Метод Байеса предусматривает сбор статистической информации по результатам обследования прошлых лет. Эти результаты в вероятностном виде и составляют содержание диагностических матриц. Одной из важнейших задач является оценка устойчивости этих матриц, в смысле влияния изменения статистической информации на результат расчета по формуле Байеса. В данной статье исследование устойчивости и информативности диагностической матрицы осуществляется на основе многовариантного численного эксперимента.

Содержание

1.	Введение	69
2.	Обзор литературы	69
3.	Основная часть	70
4.	Анализ результатов расчета	71
5.	Выводы	74

Контактный автор:

1. +7(921)8788399, sva0808@rambler.ru (Соколов Владимир Алексеевич, к.т.н., доцент, профессор)
2. +7(952)2860376, flamingo-93@mail.ru (Мусорина Татьяна Александровна, студент)
3. +7(911)7291340, kastarru@ya.ru (Старшинова Екатерина Дмитриевна, студент)
4. +7(921)9864467, rubics@bk.ru (Миронов Никита Юрьевич, студент)
5. +7(981)1532120, alfredsabir@mail.ru (Сабирзянов Альфред Радикович, студент)

1. Введение

Для решения задач по определению технического состояния конструктивных элементов здания предлагается подход, основанный на использовании математического вероятностного аппарата технической диагностики. Диагностирование выполнено с использованием вероятностных методов распознавания состояний сложных технических систем. Расчеты вероятностных параметров выполнены с использованием наиболее распространенного в технической диагностике статистического метода Байеса [3].

Метод Байеса предусматривает сбор статистической информации по результатам обследования прошлых лет. Эти результаты в вероятностном виде и составляют содержание диагностических матриц. Одной из важнейших задач является оценка устойчивости этих матриц, в смысле влияния изменения статистической информации на результат расчета по формуле Байеса [1].

В статье [2] эта задача решена на основе теоретического аппарата теории информации. Оценивается диагностический вес признаков и диагностическая ценность обследования в целом. Было показано, что при исключении малоинформативной статистики из диагностической матрицы результат расчета привел к численному изменению распределения вероятностей состояний, но не привел к их качественному изменению. Более того, результат был уточнен, в смысле его большей определенности (степень неопределенности – энтропия уменьшилась в 1,5 раза).

В настоящее время в нормативной базе по вопросам обследований не определены количественные показатели снижения несущей способности строительных конструкций. Данная ситуация характерна при использовании классификации технических состояний строительных объектов как по их дефектам и повреждениям, так и при использовании классификации технических состояний [4].

Качество строительного объекта с течением времени снижается относительно уровня, заложенного при проектировании и строительстве. В работах [8,9] корректно отмечено, что безопасная эксплуатация здания предполагает постоянное обследование его технического состояния и научно обоснованное назначение соответствующих категорий для его конструктивных элементов.

В данной статье исследование устойчивости и информативности диагностической матрицы осуществляется на основе многовариантного численного эксперимента. Рассматривается диагностическая матрица, составленная для железобетонных балок монолитного железобетонного перекрытия. Матрица состоит из 9 признаков, 5 из которых простые (отвечающие на вопрос «да» или «нет») и 4 более сложные (с разрядами и интервалами).

2. Обзор литературы

Вопросами оценки технического состояния занимается целый ряд авторов. В этих работах оценка технического состояния определялась на основе: теории риска и конструктивной безопасности [16], логико-вероятностного подхода [17], на основе комбинации вероятностного и возможностного подходов [18], на основе применения теории нечетких множеств [19,20] и т.д.

В работе [2] профессором Соколовым В.А. было исследовано техническое состояние главных и второстепенных балок, а также плитных участков и колонн. Степень определенности системы в целом определяется с учетом влияний каждой составляющей, вследствие чего техническое состояние системы элементов может либо улучшиться, либо стать хуже.

В работе [3] коллектив авторов Исхаков Ш.Ш., Ковалев Ф.Е., Васкевич В.М., Рыжиков В.Ю., вычисляя апостериорные вероятности состояний для каждого элемента, осуществляется анализ полученных результатов с использованием аппарата теории вероятностей и с использованием понятия информационной энтропии. На этой основе строится многоуровневая модель диагностирования. Такой подход к оценке технического состояния здания предлагается впервые.

В работе [4] авторы Попова О.Н., Симанкина Т.Л. на основе большого теоретического и практического опыта работы на сооружениях специального назначения авторы предлагают возможность мониторинга несущих элементов этих строительных объектов при воздействии статических и динамических нагрузок. Предлагается использование интегрального метода диагностирования состояния объектов строительства при динамических загрузках. Метод основан на поиске диагностических признаков снижения несущей способности конструкций и грунтового основания в передаточной функции объекта по известной модели «чёрного ящика».

Работа Солдатенко Т. Н. [5] посвящена вопросам обеспечения безопасности эксплуатации сооружений, которая находится комплексом факторов, зависящих от: проектных решений и их правильной реализации при строительстве объектов строительства, остаточного ресурса и технического состояния объекта, степени изменения объекта и окружающей среды, нормативов по эксплуатации и качества их

соблюдения в течение срока службы объекта и пр. Обеспечение безопасности эксплуатации является не только технической, но и экономической задачей, так как совокупность затрат на воспроизводственные мероприятия в течение срока службы объекта сопоставима с затратами на новое строительство, а зачастую и превышает их. Этап эксплуатации объекта является наиболее длительным периодом функционирования объекта, поэтому эффективное планирование затрат на восстановление объекта должно базировать на изучении и прогнозировании технического состояния здания и его элементов, происходящих во времени, для установления состава и объема работ.

Цель исследования: Определить информативную устойчивость диагностической матрицы, т.е. оценить степень изменения «входной» априорной статистической информации на «выходную» апостериорную (расчетную). Для этого необходимо решить следующие задачи:

1. Проанализировать различные варианты реализации признаков путем их последовательного исключения.
2. Оценить насколько при этом изменятся вероятностные параметры состояний рассматриваемого элемента системы – главной балки перекрытия.

3. Основная часть

Как отмечено выше, в данной статье исследование устойчивости и информативности диагностической матрицы осуществляется на основе многовариантного численного эксперимента. Численный эксперимент состоял из выполнения большого количества расчетов, которые выполнялись с использованием программного продукта ВАТС. Выполненный анализ проведен для железобетонных балок перекрытия, диагностическая матрица которых имеет вид, представленный в таблице 1.

Таблица 1 – Диагностическая матрица для главных балок монолитного железобетонного перекрытия

№ № п/п	Диагностические признаки	ij	Разряды признаков	$p(k_{ij})$	Сост.	Сост.	Сост.	Сост.	Сост.
					S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
					$P(S_1)$	$P(S_2)$	$P(S_3)$	$P(S_4)$	$P(S_5)$
					0,18	0,29	0,35	0,13	0,05
1	Поврежд. бетона, сниж. его св-ва по отн. к арм.	11	да	$p(k_{11})$	0,11	0,17	0,29	0,54	0,80
		12	нет	$p(k_{12})$	0,89	0,83	0,71	0,46	0,20
2	Прод. трещины в защ. слое вдоль армат. стержней	21	да	$p(k_{21})$	0,06	0,14	0,23	0,77	0,60
		22	нет	$p(k_{22})$	0,94	0,86	0,77	0,23	0,40
3	Нормальные трещины (ширина раскрытия)	31	< 0,4мм	$p(k_{31})$	0,76	0,59	0,40	0,15	0,20
		32	до 1,0 мм	$p(k_{32})$	0,18	0,34	0,43	0,62	0,40
		33	≥ 1,0 мм	$p(k_{33})$	0,06	0,07	0,17	0,23	0,40
4	Наклонные трещ. (наличие)	41	да	$p(k_{41})$	0,06	0,17	0,34	0,31	0,20
		42	нет	$p(k_{42})$	0,94	0,83	0,66	0,69	0,80
	Прочность бетона	51	проектная	$p(k_{51})$	0,72	0,48	0,49	0,15	0,20
		52	≤ 30%	$p(k_{52})$	0,22	0,31	0,20	0,39	0,20

5		53	> 30%	$p(k_{53})$	0,06	0,21	0,31	0,46	0,60
6	Коррозия арматуры	61	< 5%	$p(k_{61})$	0,76	0,59	0,29	0,15	0,20
		62	5 – 20	$p(k_{62})$	0,18	0,24	0,37	0,39	0,20
		63	> 20%	$p(k_{63})$	0,06	0,17	0,34	0,46	0,60
7	Прогиб	71	допускае мый	$p(k_{71})$	0,83	0,48	0,51	0,31	0,20
		72	$\leq 30\%$	$p(k_{72})$	0,11	0,38	0,23	0,46	0,20
		73	> 30%	$p(k_{73})$	0,06	0,14	0,26	0,23	0,60
8	Условие прочности по нормальным сечениям	81	да	$p(k_{81})$	0,94	0,90	0,86	0,69	0,20
		82	нет	$p(k_{82})$	0,06	0,10	0,14	0,31	0,80
9	Условие прочности по наклонным сечениям	91	да	$p(k_{91})$	0,94	0,83	0,60	0,61	0,20
		92	нет	$p(k_{92})$	0,06	0,17	0,40	0,39	0,80

В данной статье рассматриваются два варианта состояния рассматриваемых элементов здания:

1. Вариант, по которому результаты расчета не приводят к качественному изменению картины распределения вероятностей состояний при последовательном исключении признаков как в случае наиболее негативного их проявления, так и в случае наиболее благоприятного.

2. Вариант, когда в ряде случаев по результатам расчета имеет место качественный переход в новое состояние по сравнению с первоначальным, причем как с ухудшением расчетной картины распределения вероятностей, так и с улучшением ее.

4. Анализ результатов расчета

Состояние любого элемента здания можно оценить по различным диагностическим признакам [9]. Авторами был выполнен анализ диагностической матрицы для пятнадцати вариантов состояний балок монолитного железобетонного перекрытия (G_1, G_2, \dots, G_{15}). В результате расчета получены значения апостериорных (расчетных) вероятностей для пяти технических состояний, наибольшее из которых означает присвоение элементу соответствующего состояния. Технические состояния представлены пятью категориями [9]: 1 – исправное, 2 – работоспособное, 3 – ограниченно-работоспособное, 4 – недопустимое, 5 – аварийное.

Получены апостериорные вероятности для этих пяти состояний балки при разных реализациях диагностических признаков. Ниже в таблицах приведены результаты расчетов. В этих таблицах первая колонка является исходным состоянием балки, которое получилось в результате расчета без исключения признаков. В последующих колонках представлен результат, полученный при последовательном их исключении.

В большинстве случаев качественная картина практически не менялась при сравнении исходного состояния, когда в диагностировании участвуют все признаки, с состояниями, полученными при исключении того или иного признака.

В статье представлены наиболее наглядные реализации, по которым можно дать оценку устойчивости матрицы. В остальных же реализациях признаков картина практически не менялась, поэтому авторы не видят необходимости приводить результаты для всех рассмотренных случаев. Примеры расчетов приведены ниже в п.п. 1.1, 1.2, 2.1 и 2.2

1.1. В данном примере рассматривается реализация признаков, когда все их положительные разряды исключены. Результаты наглядно показывают, что балка примет наихудшее состояние –

аварийное (S_5). Следует отметить, что данная категория говорит о том, что эксплуатация перекрытия невозможна. Поэтому выявление этой категории крайне важно для обследовательской практики. Так же это относится и к предыдущей категории – **недопустимое** состояние конструкции (S_4).

Реализация признаков для балки G_1 (в качестве примера они выделены в таблице 1):

- ✓ есть повреждения наружной поверхности;
- ✓ есть продольные трещины в защитном слое;
- ✓ есть нормальные трещины с шириной раскрытия более 1 мм;
- ✓ есть наклонные трещины;
- ✓ прочность бетона на 30% ниже проектной;
- ✓ коррозия обнаженной арматуры более 20%;
- ✓ прогиб превышает предельный более чем 30 %;
- ✓ условие прочности при расчете по нормальным сечениям не выполнено;
- ✓ условие прочности при расчете по наклонным сечениям не удовлетворяется.

Таблица 2 – Апостериорные вероятности балки G_1

Начальное состояние	Первый признак удален	Второй признак удален	Третий признак удален	Четвертый признак удален	Пятый признак удален	Шестой признак удален	Седьмой признак удален	Восьмой признак удален	Девятый признак удален	Техническое состояние
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	S_1
0,005	0,001	0,002	0,021	0,004	0,011	0,014	0,015	0,020	0,018	S_2
0,147	0,048	0,079	0,274	0,172	0,245	0,228	0,261	0,463	0,240	S_3
0,057	0,029	0,103	0,079	0,064	0,064	0,066	0,115	0,082	0,096	S_4
0,791	0,921	0,816	0,626	0,760	0,679	0,693	0,608	0,435	0,646	S_5

1.2. Рассматривается реализация диагностических признаков, когда элемент принимает стабильное третье **ограниченно-работоспособное** техническое состояние.

Наибольшее значение вероятностей этих состояний свидетельствует о назначении данной категории состояния. Как видно, по результатам рассмотренных реализаций признаков, во всех случаях получено третье состояние с небольшими изменениями численных значений вероятностей, несмотря на исключение ряда признаков. На основании этого можно сделать вывод, что качественная картина сохраняется и диагностическая матрица проявляет себя как устойчивая вероятностная модель состояния балки.

Реализация признаков для балки G_2 :

- ✓ нет повреждений наружной поверхности;
- ✓ есть продольные трещины в защитном слое;
- ✓ есть нормальные трещины с шириной раскрытия менее 0,4 мм;
- ✓ есть наклонные трещины;
- ✓ прочность бетона является проектной;
- ✓ обнажение арматуры, поперечное сечение зависит от коррозии, менее 5%;
- ✓ прогиб превышает предельный более чем 30 %;
- ✓ условие прочности при расчете по нормальным сечениям не выполнено;
- ✓ условие прочности при расчете по наклонным сечениям удовлетворяется.

Таблица 3 – Апостериорные вероятности балки G_2

0,021	0,016	0,067	0,011	0,084	0,012	0,009	0,069	0,044	0,014
0,285	0,233	0,393	0,191	0,406	0,252	0,155	0,405	0,365	0,214
0,617	0,591	0,519	0,610	0,440	0,535	0,684	0,472	0,565	0,643
0,054	0,079	0,013	0,141	0,042	0,152	0,115	0,046	0,022	0,055
0,024	0,080	0,008	0,047	0,029	0,050	0,038	0,008	0,004	0,074

2.1. По распределению вероятностей видно, что состояние попадает в диапазон от 3 до 4 состояния. Это связано с тем, что наибольшая вероятность распределяется между двумя состояниями.

При исключении наиболее весомых позитивных признаков (4,7,8) балка попадает в более плохое состояние, что и требуется доказать в данной статье. По распределению вероятностей видно, что состояние ухудшается, когда во внимание не берутся положительные разряды признаков.

Получено также, что энтропия возрастает, и система становится менее определенной.

Реализация признаков для балки G_3 :

- ✓ нет повреждений наружной поверхности;
- ✓ нет продольных трещин в защитном слое;
- ✓ нормальные трещины с шириной открытия менее 0,4 мм;
- ✓ нет наклонных трещин;
- ✓ прочность бетона является проектной;
- ✓ обнажение арматуры менее 5%;
- ✓ допускаемый прогиб;
- ✓ условие прочности при расчете по нормальной в поперечном сечении выполнено;
- ✓ условие прочности при расчете по наклонным сечениям не удовлетворяется.

Таблица 4 – Апостериорные вероятности балки G_3

0,012	0,033	0,053	0,004	0,055	0,014	0,023	0,006	0,010	0,008
0,140	0,253	0,268	0,060	0,227	0,118	0,201	0,119	0,122	0,106
0,468	0,497	0,546	0,296	0,380	0,612	0,437	0,374	0,428	0,490
0,378	0,215	0,132	0,637	0,336	0,253	0,335	0,497	0,431	0,389
0,002	0,001	0,001	0,003	0,003	0,003	0,004	0,005	0,009	0,007

2.2. Здесь сравнение идет с исходной реализацией, где учитываются все признаки, с реализациями, где один из признаков исключен. При исключении четвертого признака

(наличие наклонных трещин) и седьмого (величина прогиба), происходит качественное изменение в сторону наилучшего признака. Максимальные вероятности приходятся на первые три состояния. Это значит, что эксперт может с уверенностью свидетельствовать о работоспособности конструкции и дальше оценить только степень этой работоспособности. Диагностическая матрица демонстрирует устойчивость.

Диагностические признаки балки G_4 :

- ✓ нет повреждений наружной поверхности;
- ✓ нет продольных трещин в защитном слое;
- ✓ нормальные трещины с шириной открытия менее 0,4 мм;
- ✓ есть наклонные трещины;
- ✓ прочность бетона является проектной;
- ✓ обнажение арматуры, поперечное сечение зависит от коррозии, менее 5%;
- ✓ допускаемый прогиб;
- ✓ состояние прочности при расчете по нормальной в поперечном сечении выполнено;
- ✓ условие прочности по нормальным сечениям при расчете на наклонных участках не удовлетворено.

Таблица 5 – Апостериорные вероятности балки G_4

0,140	0,121	0,122	0,089	0,397	0,099	0,072	0,089	0,131	0,413
0,343	0,318	0,327	0,282	0,344	0,363	0,228	0,377	0,337	0,358
0,516	0,559	0,548	0,625	0,258	0,535	0,697	0,533	0,530	0,229
0,001	0,002	0,003	0,003	0,001	0,003	0,002	0,002	0,001	0,000
0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000

5. Выводы

В большинстве рассмотренных случаев не было отмечено качественного перехода из одного состояния в другое по сравнению с исходной реализацией. Менялись лишь численные значения вероятностей состояний. Это свидетельствует об устойчивости и достаточной информативности статистических данных, составляющих основу построения диагностических матриц, а также и основу построения многоуровневой процедуры диагностирования состояния перекрытия и здания в целом.

Литература

- [1]. Соколов В.А. Вероятностный метод оценки технического состояния конструкций железобетонного монолитного перекрытия зданий старой городской застройки. Инженерно-строительный журнал 2010. №4(14). С. 49-58
- [2]. Соколов В. А., Оценка технического состояния строительных конструкций зданий на основе многоуровневого вероятностного анализа // Инженерно-строительный журнал. 2011. №7(25). С. 45-51).
- [3]. Исхаков Ш.Ш., Ковалев Ф.Е., Васкевич В.М., Рыжиков В.Ю. Оценка надёжности эксплуатации зданий и сооружений по методикам возникновения риска их неработоспособных состояний // Инженерно-строительный журнал. 2012. №7(33). С. 76-88
- [4]. Попова О.Н., Симанкина Т.Л. Методика оценки ресурса работоспособности конструктивных элементов жилых зданий // Инженерно-строительный журнал. 2013. №7(42). С. 40–50
- [5]. Солдатенко Т. Н. Модель идентификации и прогноза дефектов строительной конструкции на основе результатов её обследования // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 7. С. 52-61.
- [6]. ГОСТ Р 53778-2010 ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ. Правило обследования и мониторинга технического состояния.
- [7]. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правило обследования и мониторинга технического состояния.
- [8]. Соколов В. А. Диагностика технического состояния конструкций зданий и сооружений с использованием методов теории нечётких множеств // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 5 (15). С. 31-37.
- [9]. Соколов В. А. Диагностический вес признаков и диагностическая ценность обследования при распознавании состояний элементов строительных систем // Инженерно-строительный журнал. 2010. №3(13). С. 27-31. С. 33-39.
- [10]. Методы обследования и усиления зданий и сооружений // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – №2(12). – С. 3.
- [11]. Биргер И.А. Техническая диагностика – Машиностроение, 1978, 240с.
- [12]. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. Свод правил по проектированию и строительству. Гос Строй России 2003г.
- [13]. Золотков А.С. Вибрационные испытания фрагментов монолитных зданий до разрушения // Инженерно-строительный журнал. 2012. №1(27). С. 14–21.
- [14]. Савин С.Н., Демишин С.В., Ситников И.В. Мониторинг уникальных объектов с использованием динамических параметров по ГОСТ Р 53778-2010 // Инженерно-строительный журнал. 2011. №7(25). С. 33–39.
- [15]. Козинец Г.Л. Определение динамических характеристик сооружений, контактирующих с водой, на примере арочной бетонной плотины Саяно-Шушенской ГЭС // Инженерно-строительный журнал. 2011. №5(23). С. 43–48.
- [16]. Мельчаков, А.П. Расчет и оценка риска аварии и безопасного ресурса строительных объектов: Учебное пособие [Текст] / А.П. Мельчаков. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. – 49 с.
- [17]. Тамразян, А.Г. Снижение рисков в строительстве при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера [Текст] / С. Н. Булгаков, Тамразян А.Г., Рахман И.А., Степанов А.Ю. Под общ. ред. А.Г. Тамразяна – М.: МАКС Пресс, 2004. – 301 с.
- [18]. Utkin, L.V. Steady-state reliability of repairable systems by combined probability and possibility assumptions / L. V. Utkin , S. V. Gurov // Fuzzy Sets and Systems. V. 97(2), 1998. – P. 193 – 202.
- [19]. Utkin, L.V. A general formal approach for fuzzy reliability analysis in the possibility context / L. V. Utkin , S. V. Gurov // Fuzzy Sets and Systems. V. 83, 1996. – P. 203 – 213.
- [20]. Птухина И.С., Вяткин М.Е., Мусорина Т.А. СТОИМОСТНОЙ ИНЖИНИРИНГ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. № 5 (10). С. 58-67.
- [21]. Ferson, S. Uncertainty in risk analysis: Towards a general second-order approach combining interval, probabilistic, and fuzzy techniques / S. Ferson, L. Ginzburg, V. Kreinovich, H. Nguyen , S. Starks // In: Proceedings of FUZZ-IEEE'2002. Honolulu, Hawaii, May 2002. – P. 1342 – 1347.
- [22]. A.V. Perelmuter, S.F Pichugin. Issues on estimation of building structure vulnerability (2014) Magazine of Civil Engineering, 5 (49), pp. 5–14.
- [23]. Tamošaitienė J., Gaudutis E., Kračka M. Integrated Model for Assessment of High-Rise Building Locations (2013) Procedia Engineering, 57, pp. 1151–1155.
- [24]. Popova, O.N., Simankina, T.L. The service life estimation method for the structural elements of residential buildings (2013) Magazine of Civil Engineering, 7 (42), pp. 40-50.
- [25]. Radovic, G., Murgul, V., Vatin, N. Fast urban development of Cetinje – old royal capital of Montenegro. (2014) Applied Mechanics and Materials, 584-586, pp. 564-569.

Diagnostic matrix for assessing the state of reinforced concrete beams

V.A. Sokolov¹, T.A. Mussorina², E.D. Starshinova³, N.Yu. Mironov⁴, A.R. Sabirzyanov⁵

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia

ARTICLE INFO	Article history	Keywords
scientific article	Received 31 October 2015	diagnostic features; diagnostic weight feature; the Bayesian method; the technical condition of the beam; the implementation; the posterior probability;
doi:		

ABSTRACT

In this article the issues of sustainability and information value of diagnostic matrix were examined, which are used when it is necessary to determinate the technical condition of constructions. Determination is based on the mathematical instrument of technical diagnostics. One of the most widespread methods of technical diagnostics – a statistical method of Bayes is used. In this article, research of sustainability and informative diagnostic matrix is based on multivariate numerical experiment. Numerical experiment, which consists of a large number of calculations, is performed using software PATC (Probabilistic Analysis of Technical Condition). The analysis is carried out for reinforced concrete floor beams.

Corresponding author:

1. +7(921)8788399, sva0808@rambler.ru (Vladimir Alekseevich Sokolov, PhD, Professor)
2. +7(952)2860376, flamingo-93@mail.ru (Tatyana Aleksandrovna Mussorina, Student)
3. +7(911)7291340, kastarru@ya.ru (Ekaterina Dmitrievna Starshinova, Student)
4. +7(921)9864467, rubics@bk.ru (Nikita Yurievich Mironov, Student)
5. +7(981)1532120, alfredsabir@mail.ru (Alfred Radikovich Sabirzyanov, Student)

References

- [1]. Sokolov V.A. Veroyatnostnyy metod otsenki tekhnicheskogo sostoyaniya konstruktivnykh zhelezobetonnykh monolitnykh perekrytiya zdaniy staroy gorodskoy zastroyki. Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal 2010. №4 (14). S. 49-58
- [2]. Sokolov V. A., Otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya stroitelnykh konstruktivnykh zdaniy na osnove mnogourovnevogo veroyatnostnogo analiza // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2011. №7 (25). S. 45-51.
- [3]. Iskhakov Sh.Sh., Kovalev F.Ye., Vaskevich V.M., Ryzhikov V.Yu. Otsenka nadezhnosti ekspluatatsii zdaniy i sooruzheniy po metodikam vozniknoveniya riska ikh nerabotosposobnykh sostoyaniy // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2012. №7 (33). S. 76-88
- [4]. Popova O.N., Simankina T.L. Metodika otsenki resursa rabotosposobnosti konstruktivnykh elementov zhilykh zdaniy // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2013. №7 (42). S. 40–50
- [5]. Soldatenko T. N. Model identifikatsii i prognoza defektov stroitelnoy konstruktivnykh na osnove rezultatov yeye obsledovaniya // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2011. № 7. S. 52-61.
- [6]. GOST R 53778-2010 ZDANIYA I SOORUZHENIYA. Pravilo obsledovaniya i monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya.
- [7]. GOST 31937-2011. Zdaniya i sooruzheniya. Pravilo obsledovaniya i monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya.
- [8]. Sokolov V. A. Diagnostika tekhnicheskogo sostoyaniya konstruktivnykh zdaniy i sooruzheniy s ispolzovaniyem metodov teorii nechetkikh mnozhestv // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2010. № 5 (15). S. 31-37.
- [9]. Sokolov V. A. Diagnosticheskiy ves priznakov i diagnosticheskaya tsennost obsledovaniya pri raspoznavanii sostoyaniy elementov stroitelnykh sistem // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2010. №3 (13). S. 27-31. S. 33-39.
- [10]. Metody obsledovaniya i usileniya zdaniy i sooruzheniy // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. – 2010. – №2 (12). – S. 3.
- [11]. Birger I.A. Tekhnicheskaya diagnostika – Mashinostroyeniye, 1978, 240s.
- [12]. SP 13-102-2003. Pravila obsledovaniya nesushchikh stroitelnykh konstruktivnykh zdaniy i sooruzheniy. Svod pravil po proyektirovaniyu i stroitelstvu. Gos Stroy Rossii 2003g.
- [13]. Zolotkov A.S. Vibratsionnyye ispytaniya fragmentov monolitnykh zdaniy do razrusheniya // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2012. №1 (27). S. 14–21.
- [14]. Savin S.N., Demishin S.V., Sitnikov I.V. Monitoring unikalnykh obyektov s ispolzovaniyem dinamicheskikh parametrov po GOST R 53778-2010 // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2011. №7 (25). S. 33–39.
- [15]. Kozinets G.L. Opredeleniye dinamicheskikh kharakteristik sooruzheniy, kontaktiruyushchikh s vodoy, na primere arochnoy betonnoy plotiny Sayano-Shushenskoy GES // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2011. №5(23). S. 43–48.
- [16]. Melchakov, A.P. Raschet i otsenka riska avarii i bezopasnogo resursa stroitelnykh obyektov: Uchebnoye posobiye [Tekst] / A.P. Melchakov. – Chelyabinsk: Izd-vo YuUrGU, 2006. – 49 s.
- [17]. Tamrazyan, A.G. Snizheniye riskov v stroitelstve pri chrezvychnykh situatsiyakh prirodnoy i tekhnogennoy kharaktera [Tekst] / S. N. Bulgakov, Tamrazyan A.G., Rakhman I.A., Stepanov A.Yu. Pod obshch. red. A.G. Tamrazyana – M.: MAKS Press, 2004. – 301 s.
- [18]. Utkin, L.V. Steady-state reliability of repairable systems by combined probability and possibility assumptions / L. V. Utkin , S. V. Gurov // Fuzzy Sets and Systems. V. 97(2), 1998. – P. 193 – 202.
- [19]. Utkin, L.V. A general formal approach for fuzzy reliability analysis in the possibility context / L. V. Utkin , S. V. Gurov // Fuzzy Sets and Systems. V. 83, 1996. – P. 203 – 213.
- [20]. Ptukhina I.S., Vyatkin M.Ye., Musorina T.A. STOIMOSTNOY INZHINIRING V STROITELSTVE // Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy. 2013. № 5 (10). S. 58-67.
- [21]. Ferson, S. Uncertainty in risk analysis: Towards a general second-order approach combining interval, probabilistic, and fuzzy techniques / S. Ferson, L. Ginzburg, V. Kreinovich, H. Nguyen , S. Starks // In: Proceedings of FUZZ-IEEE'2002. Honolulu, Hawaii, May 2002. – P. 1342 – 1347.
- [22]. A.V. Perelmuter, S.F Pichugin. Issues on estimation of building structure vulnerability (2014) Magazine of Civil Engineering, 5 (49), pp. 5–14.
- [23]. Tamošaitienė J., Gaudutis E., Kračka M. Integrated Model for Assessment of High-Rise Building Locations (2013) Procedia Engineering, 57, pp. 1151–1155.
- [24]. Popova, O.N., Simankina, T.L. The service life estimation method for the structural elements of residential buildings (2013) Magazine of Civil Engineering, 7 (42), pp. 40-50.
- [25]. Radovic, G., Murgul, V., Vatin, N. Fast urban development of Cetinje – old royal capital of Montenegro. (2014) Applied Mechanics and Materials, 584-586, pp. 564-569.

Соколов В.А., Мусорина Т.А., Старшинова Е.Д., Миронов Н.Ю., Сабирзянов А.Р., Диагностические матрицы при оценке состояний железобетонных балок // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. №2 (41). С. 68-77.

Sokolov V.A., Mussorina T.A., Starshinova E.D., Mironov N.Yu., Sabirzyanov A.R. Diagnostic matrix for assessing the state of reinforced concrete beams. Construction of Unique Buildings and Structures, 2016, 2 (41), Pp. 68-77. (rus)