

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ В ЛЕСФОНДЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ

И. А. ЕВКОВИЧ

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – П. А. ПРОТАС, КАНДИДАТ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК, ДОЦЕНТ

Для эффективной ликвидации последствий стихийных бедствий в лесном фонде, повышения качества управленческих решений требуется прогноз динамики стихийных бедствий, затрат на их ликвидацию и влияния на лесные экосистемы. Такой прогноз можно получить с помощью методов предиктивной аналитики на основании анализа статистических данных прошлых лет. Работа посвящена вопросам повышения эффективности ликвидации последствий стихийных бедствий в лесфонде с использованием методов предиктивной аналитики. В статье рассмотрена возможность применения теории игр по критериям Сэвиджа и Вальда для оценки и прогнозирования последствий стихийных бедствий в лесном фонде. Приведена методика решения данной задачи в программном пакете MathCAD с детальным описанием решения и графической интерпретацией полученных результатов. Кроме того, были разработаны практические рекомендации, способствующие улучшению процесса ликвидации стихийных бедствий.

Ключевые слова: лесной фонд; стихийные бедствия; прогнозирование; ликвидация последствий; математические методы.

Существенными и разрушительными стихийными бедствиями в лесном фонде, которые обостряют экологические проблемы, приводят к потере лесных ресурсов, изменению породного состава древостоев, а также к затратам на их ликвидацию, являются такие природные катаклизмы как: ветровалы, буреломы, усыхания насаждений и лесные пожары. Такие стихийные бедствия являются стохастическими и непредсказуемыми, которые невозможно спрогнозировать с достаточной степенью вероятности.

Учитывая ежегодные изменения климата, многие специалисты предполагают и дальнейшее воздействие стихийных бедствий на лесной фонд, что и подтверждается статистикой последних лет.

Необходимо также отметить, что последствия от стихийных бедствий на лесные экосистемы наблюдаются в течение длительного времени. Так, после ветровалов и буреломов возрастает вероятность появления вторичных повреждений лесонасаждений, которые вызваны вредителями, болезнями леса и лесными пожарами. Это создает и дополнительную экономическую нагрузку для лесного хозяйства за счет снижения устойчивости, ухудшения качества оставшихся лесов и поврежденных деревьев.

В этой связи одним из наиболее важных и актуальных направлений исследований в данной области является разработка методики оценки прогнозирования последствий стихийных бедствий, которая позволит ускорить принятие рациональных организационных и технических решений, сократить затраты на ликвидацию последствий.

В настоящее время активно используется такой метод анализа, как предиктивный для обработки и интерпретации информации с целью принятия правильных решений. Этот метод базируется на статистических моделях и позволяет находить закономерности в исторических и транзакционных данных, определять потенциальные риски и возможности. В качестве основы при выполнении анализа используется опыт аналогичных решений, принятых в прошлом. Главными принципами такой методики являются: классическая стратегия, теория вероятности, функциональная математика, теория игр, корреляционный анализ, экономическая закономерность, экстраполяции трендов и др.

В настоящее время на практике используют три основных метода прогнозирования: метод математической статистики, экономической эффективности и программной системы.

Изучив и выполнив анализ различных методов, установили, что наиболее перспективными и современными с учетом развития информационных технологий являются программные методы прогнозирования, которые применяются для составления самых разнообразных прогнозов – от глобальных до локальных.

В настоящее время применяется большое количество программных пакетов, например:

- MathCAD;
- MathLAB;
- Excel;
- Maple;
- Statistica и др.

Выбор той или иной программы будет зависеть от следующих факторов:

- целевое назначение (численные и аналитические расчеты, решение задач математического анализа);
- возможности обработки данных (статистические расчеты);
- область объекта моделирования (построение графиков и диаграмм);
- сложность и разновидность проектируемого объекта (программирование, анимация);
- уровень комплексности (интеграция с САПР-системами, использование результатов вычислений в качестве управляющих параметров).

Кроме программных пакетов есть также языки программирования, такие как C#, Java, C++ и другие, которые позволяют разрабатывать различные программы под определенные нужды.

Выполнив анализ различных методов, установили, что для решения задачи прогнозирования последствий стихийных бедствий на базе математических моделей может быть применен программный пакет MathCAD.

MathCAD – инженерное, математическое программное обеспечение, которое позволяет выполнять и анализировать важнейшие инженерные расчеты, обмениваться ими. Здесь процесс вычислений сильно автоматизирован, что позволяет экономить время и больше внимания уделять физическому смыслу получаемого результата.

На основании анализа различных математических методов прогнозирования установлено, что наиболее целесообразными могут быть методы математической статистики, а именно метод *теории игр* по критерию Вальда и Сэвиджа.

Наибольшее распространение при прогнозировании событий в лесозаготовительном комплексе получили парные стратегические игры. Такие игры имеют два метода решения задач:

- 1) с противодействующим противником;
- 2) с объективной действительностью (природой).

Для прогнозирования последствий стихийных бедствий в лесном фонде подходит второй метод решения задач с объективной действительностью (природой). Отличительная особенность игры с природой состоит в том, что в ней сознательно действует только один из участников, в большинстве случаев называемый игроком 1. Игроку 2 (природа) не важен результат либо он не способен к осмысленным решениям. В данной методике условия не зависят от действий игрока, а определяются внешними природными факторами. Решение данной задачи может выполняться по оценке критериев Вальда или Сэвиджа. При этом каждый из них имеет свою особенность.

Критерий Вальда. В качестве оптимальной выбирается стратегия, гарантирующая выигрыш не менее чем «нижняя цена игры с природой».

Критерий Сэвиджа. Оптимальной считается такая стратегия, при которой величина риска принимает наименьшее значение в самой неблагоприятной ситуации.

Необходимый набор исходных данных будет формулироваться на основании объектов исследований, поставленных задач по изучению определенных процессов и получению конкретных данных. Исходными данными для прогнозирования последствий стихийных бедствий являются: объем поврежденной древесины, затраты на заготовку 1 м³ древесины, затраты на вывозку, потери от ухудшения товарной структуры заготавливаемой древесины, потери за счет снижения прироста древесины в поврежденных насаждениях. Эти исходные данные подразделяются на следующие категории:

- 1) природно-эксплуатационные – площадь, время года, климатические условия;
- 2) объемные – объем поврежденной древесины, объем работ при ликвидации последствий стихийных бедствий;
- 3) экономические – снижение стоимости на лесоматериалы ввиду их низкого качества, затраты на ликвидацию последствий, затраты на лесовосстановление, затраты на защиту лесов;
- 4) экологические – необходимость в последующем лесовосстановлении, учет потерь экосистемных услуг, лесной среды.

Перечень задаваемых параметров будет зависеть от принятой модели прогнозирования.

Проведение анализа в программе MathCAD предусматривает определение основных параметров: площади поврежденного лесфонда, времени года, объемов поврежденной древесины, затрат на ликвидацию.

При этом в качестве построения модели для оценки ликвидации последствий стихийного бедствия в лесном фонде вводятся следующие обозначения, например: игрок A_i (A_1, A_2, A_n) может выступать за лесохозяйственное учреждение, а игрок P_j (P_1, P_2, P_3, P_n) – в качестве последствий стихийного бедствия с такими альтернативами, как объем поврежденной древесины, время на ликвидацию, затраты на заготовку поврежденной древесины в единицу времени, лесовосстановление поврежденного лесфонда и др. В качестве выигрыша для игрока A_i в нашем случае выступит прибыль от

реализации поврежденной древесины одного из вариантов или минимизация затрат на ликвидацию последствий стихийного бедствия.

Исследование данных параметров необходимо проводить путем варьирования следующих показателей:

P_1 – объем поврежденной древесины, млн. м³;

P_2 – затраты на заготовку 1 м³, руб.;

P_3 – затраты на вывозку 1 м³, руб.;

P_4 – потери от ухудшения товарной структуры заготавливаемой древесины, руб.;

P_5 – потери за счет снижения прироста древесины в поврежденных насаждениях, руб.

Оценка точности полученных результатов будет осуществляться путем сравнения их с теоретическими данными при использовании разработанной математической модели и/или с экспериментальными данными.

Следовательно, математическая задача с применением метода теории игр в программе MathCAD в условиях природной неопределенности решается следующим образом (на примере решения по критерию Сэвиджа).

1. Составляют две матрицы эффективности по критерию Сэвиджа, элементами которой являются значения эффективности E_{ij} (max и min), представленные в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Матрица показателей по критерию Сэвиджа

Сроки	Показатели				
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
1 мес	1,720	28,0	14,8	11,5	3,5
2 мес	1,720	29,5	13,4	12,2	3,52
3 мес	1,720	30,7	12,7	12,9	3,54
6 мес	1,720	35,2	10,2	17,4	3,9
1 год	1,720	39,4	9,4	22,1	4,2
max	1,720	39,4	14,8	22,1	4,2

Таблица 2. Матрица остатков по критерию Сэвиджа

Сроки	Показатели					
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	max
1 мес	1,720	11,4	0	10,6	0,7	11,4
2 мес	1,720	9,9	1,4	9,9	0,68	9,9
3 мес	1,720	8,7	2,1	9,2	0,66	9,2
6 мес	1,720	4,2	4,6	4,7	0,3	4,7
1 год	1,720	0	5,4	0	0	5,4

2. Проводят обработку данных путем определения следующих значений: среднего, минимального, максимального, усредненного.

3. Составляют системный код, элементами которого являются упорядоченные символы.

4. Выбирают оптимальный вариант предполагаемого решения на основе матрицы эффективности, системной матрицы и критериев оптимальности.

5. Составляют системный код для max и min значений матрицы.

6. Проводят расчет эффективности по матричным остаткам.

7. Составляют системный код, элементами которого являются упорядоченные символы матричных остатков.

8. Производят вычисления в программе и получают минимальный риск при всевозможных благоприятных ситуациях.

9. На основании полученных данных строят график.

Результаты, представленные в данной статье, получены путем анализа программных и математических методов и их возможностей в выполнении задач и составлении прогнозных моделей по оценке ликвидации стихийных бедствий в лесах.

Разработанная методика на основании реальных исходных данных, полученных по результатам случившегося в 2023 г. в Чаусском лесхозе ветровала, прошла апробацию и показала свою эффективность.

Установлено, что точность полученных результатов существенно зависит от подбора исходных данных и составления матриц показателей, что требует сбора и актуализации статистических данных в лесохозяйственных учреждениях. Необходимый набор исходных параметров должен формулироваться на основании анализа объектов исследований, поставленных задач по изучению определенных процессов и получению конкретных данных.

Для более детальной оценки и прогнозирования последствий стихийных бедствий в лесном фонде при использовании теории игр оценка должна проводиться по двум критериям (Сэвиджа и Вальда) с последующим сравнительным анализом.

На практике разработанная методика может применяться при подготовке прогнозов и оценке затрат на ликвидацию последствий стихийных бедствий в лесном фонде, что позволит сократить время принятия решений, сделать их более точными и рациональными и снизить организационные и эксплуатационные затраты.