

Дистанционная оценка ущерба от лесных пожаров в системе космического мониторинга ЧС в Казахстане

О.П. Архипкин, Г.Н. Сагатдинова, Ж.А. Бралинова

*Национальный центр космических исследований и технологий, Алма-Ата, Казахстан
E-mail: oarkhipkin@rambler.ru, mkmikiz@mail.ru*

В статье приводится описание методики и ГИС-технологии для оценки потенциального ущерба от пожаров на основе космической информации. Технология позволяет дать оперативную оценку потенциального ущерба от лесных и степных пожаров, которые затем можно уточнить по наземным данным. Такая оценка проводится на основе данных космического мониторинга пожаров, тематических ГИС, нормативных положений официальных организаций по оценке ущерба от пожаров и стоимостных показателей из налогового кодекса и биржевых данных. По данным космического мониторинга определяются площади, пострадавшие от пожаров. Оперативную оценку таких площадей получаем по данным MODIS, которую затем желательно уточнить по данным среднего разрешения типа Landsat. При необходимости используются данные высокого разрешения. Затем на пострадавших от пожаров территориях выделяем однородные по характеристикам и хозяйственному назначению элементарные классы подстилающей поверхности, по которым и проводится оценка материального ущерба. Для этого для каждого элементарного класса определяем две удельные характеристики: величину продукции, приходящейся на единицу площади, и стоимость единицы этой продукции. При вычислении материального ущерба учитывается также коэффициент, отражающий степень повреждения продукции, расположенной на пострадавших от огня территории. Более детально представлена методика для определения ущерба от лесных пожаров, которые представляют наибольший интерес для органов ЧС. Для лесных пожаров имеется хорошо разработанная методическая и нормативная составляющая.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, космический мониторинг, чрезвычайные ситуации, лесные и степные пожары, очаги пожаров, пострадавшие от пожаров площади, таксационные характеристики, материальный ущерб, ГИС-технологии.

Введение

В настоящее время Национальный центр космических исследований и технологий Республики Казахстан осуществляет в интересах органов ЧС различного уровня оперативный космический мониторинг пожаров на всей территории Казахстана и прилегающих приграничных территориях соседних стран, включая Россию. В процессе мониторинга определяются точные географические координаты очагов активного огня, их расположение относительно ближайших населенных пунктов и особо важных объектов, а также расстояние и азимут до них. Эти данные оперативно передаются областным и районным органам ЧС.

В процессе мониторинга также определяются площади, пострадавшие от пожаров. Опираясь на эти данные возможно осуществить дистанционную оценку потенциального ущерба от пожаров. Такую технологию отработывали главным образом на примере лесных пожаров. Лесные земли хоть и занимают небольшую часть территории Казахстана, но контролю над ними уделяется первостепенное внимание как местными, так и республиканскими органами. Кроме того, для лесных территорий хорошо разработана как методика оценки ущерба по наземным данным, так и нормативная база.

В пользу необходимости разработки такой технологии говорит следующее обстоятельство. В настоящее время официально для оценки ущерба на особо охраняемых природных территориях (ООПТ) и в Казахстане, и в России разрешено использовать только данные наземных служб и аэросъемки. Однако развитие систем ДЗЗ привело к тому, что теперь в России уже ставится вопрос об официальном разрешении использовать для этих целей космоснимки. Недавно премьер-министр РФ Д. Медведев подписал постановление, которое предусматривает «возможность проведения проверки достоверности сведений о площади лесных пожаров с использованием данных дистанционного зондирования Земли высокого пространственного разрешения».

ГИС-технология оценки потенциального ущерба от пожаров. Общие положения

Потенциальный ущерб может оцениваться как величиной площадей, пострадавших от пожаров, так и экономическими (материальными) потерями, обусловленными этими пожарами. Для оценки материальных потерь необходимо получить ряд составляющих величин, характеризующих как территорию, пострадавшую от пожаров, так и физические и стоимостные параметры объектов, на ней находящихся.

Прежде всего определяем по космическим снимкам территории, пострадавшие от пожаров. В зависимости от пространственного разрешения используемых ДДЗ получаем несколько различных по точности уровней. Базовыми являются данные MODIS Terra и Aqua, которые получают ежедневно и покрывают всю территорию Казахстана. Далее на пострадавших от пожаров территориях идентифицируем объекты, которые пострадали или могли пострадать в результате этих пожаров.

Основной целью классификации является выделение на пострадавших от пожаров территориях однородных по характеристикам и хозяйственному назначению классов (назовем их условно элементарными классами) подстилающей поверхности, по которым и проводится оценка материального ущерба. Такие классы выделяются посредством многоуровневой классификации. Так, для земель лесного фонда такие классы образуют таксационные выделы, которые позволяют оценить качественные и количественные характеристики лесных ресурсов в данный момент времени, и на основе этого оценить величину и характеристики возможного производства лесоматериалов из них.

Для оценки ущерба, исходя из полученной классификации, выделяем на пострадавшей от пожаров территории элементарные классы ($i = 1, \dots, n$), каждый из которых характеризуем географически привязанным вектором (полигоном) и численным значением его площади (S_i). Затем для каждого элементарного класса определяем удельные характе-

ристики V_i и P_i . Первая представляет собой величину продукции, приходящейся на единицу площади, а вторая стоимость единицы этой продукции.

Величину V_i оцениваем с привлечением наземных и космических данных. Для покрытой лесом растительности такой величиной является объем древесины на корню в кубометрах, приходящийся на единицу площади, а для полей зерновых культур - потенциальная урожайность в ц/га. Первую величину определяем с помощью материалов по лесоустройству, полученных по таксационным описаниям. Потенциальная урожайность также определяется по наземным и космическим данным с привлечением статистических многолетних данных. Величина P_i берется из официальных данных, которые вводятся постановлениями руководящих органов. Возможно также использовать данные соответствующих профильных бирж.

Общую формулу оценки величины прямого потенциального экономического ущерба от пожаров на пострадавших территориях Y можно представить в виде:

$$Y = \sum_{i=1}^n k_i V_i P_i S_i + \sum_{j=1}^m C_j. \quad (1)$$

Здесь k_i представляет собой коэффициент, отражающий степень повреждения продукции, расположенной на пострадавших от огня территории. Он может определяться как из номенклатурных документов, так и с помощью наземных и космических данных. C_j есть стоимость техногенных объектов ($j = 1, 2, \dots, m$), возведенных на этих территориях и пострадавших от огня (хозяйственные и жилые постройки, производственные помещения, линии электропередач и т.п.).

Общая схема ГИС-технологии оценки величины потенциального ущерба от пожаров (рис. 1) включает в себя четыре функциональных блока (показаны разным цветом). Первый предназначен для определения по ДДЗ площадей, пострадавших от пожаров, второй - для проведения классификации пострадавших от пожаров территорий. Третий блок содержит в себе картографическую, наземную, статистическую, номенклатурную и т.п. информацию, а также результаты тематической обработки ДДЗ. В четвертом блоке производится численная оценка величины прямого материального ущерба от пожаров по классам подстилающей поверхности по формуле (1), косвенного и общего.

Кроме численной оценки ущерба, бывает полезна и его качественная оценка. В этом случае можно оценить численно площадь, пострадавшую от пожара, примерную структуру объектов подстилающей поверхности и степень их повреждения, а также качественно оценить примерный потенциальный ущерб.

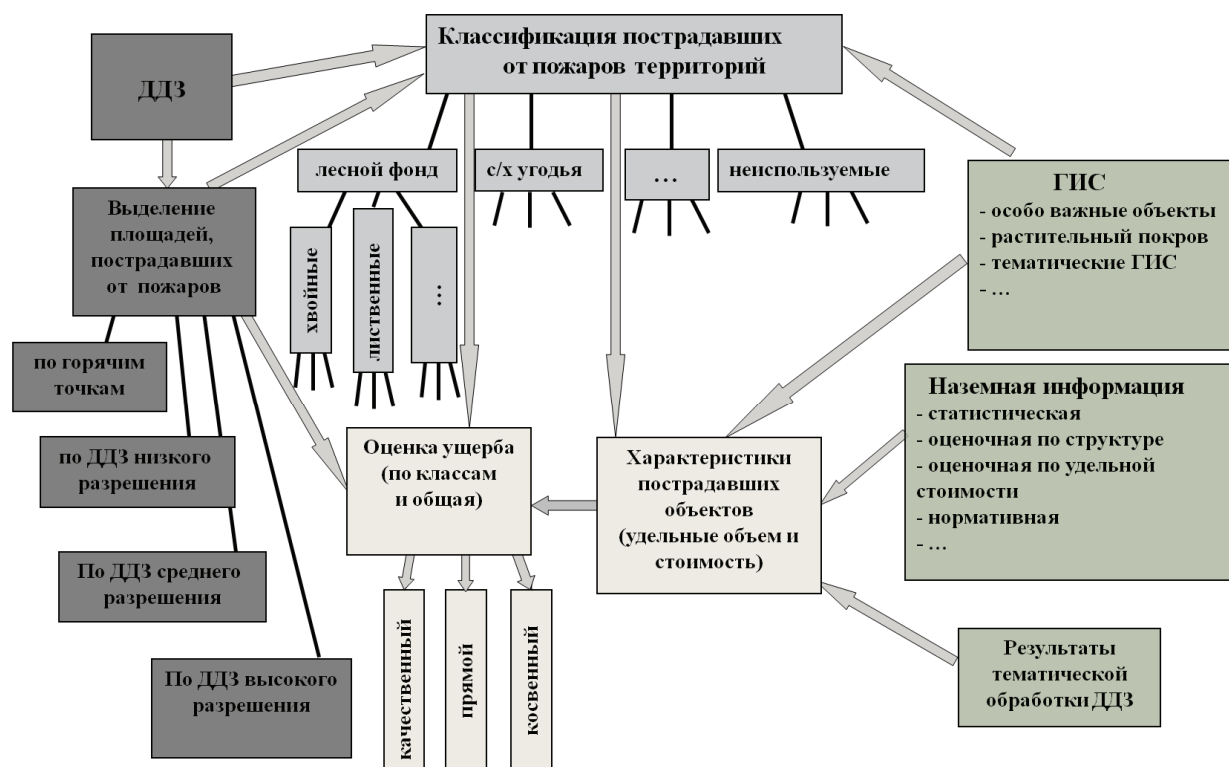


Рис. 1. Функциональная схема ГИС-технологии оценки величины потенциального ущерба от пожаров

Для оценки величины потенциального ущерба от пожаров используется базовый технологический комплекс, состоящий из трех ГИС-технологий. Первая развивается уже более 10 лет и предназначена для идентификации по результатам космического мониторинга площадей, пострадавших от пожаров (Spivak, Arkhipkin, Sagatdinova, 2010; Архипкин, Сагатдинова, 2013). Вторая служит для загрузки, хранения и передачи данных пользователям и содержит в себе ГИС- Web инструментарий, позволяющий пользователям активно работать с получаемыми данными, с картографической и атрибутивной информацией, в том числе своей.

Третья технология и есть собственно базовая ГИС-технологии оценки величины потенциального ущерба от пожаров. Она в свою очередь структурируется из отдельных ГИС-технологий оценки величины потенциального ущерба от пожаров для различных типов подстилающей поверхности. Космический мониторинг используется прежде всего для контроля территорий, расположенных за пределами населенных пунктов. Наибольший интерес из них представляют земли лесного фонда, а затем сельскохозяйственные угодья.

ГИС-технология оценки потенциального ущерба лесных угодий от пожаров

Использованию ДДЗ для различных методов оценки ущерба лесных угодий от пожаров уделялось и уделяется достаточно большое внимание. При этом существует несколько различных направлений проведения такой оценки. Одно из них, которое условно можно назвать "структурным", имеет своей целью оценить по спутниковым данным изменение вследствие пожаров состояния лесов. Так, в (Стыценко и др., 2013) на основе анализа многолетних временных рядов нормализованной разности коротковолнового вегетационного индекса RdSWVI проводится оценка степени повреждения лесов пожарами. Результатом такой оценки являются карты повреждений лесов пожарами с выделением слабо поврежденных, сильно ослабленных, усыхающих и погибших лесов.

Другое направление, которое условно можно назвать "локальным", имеет своей целью оценить по спутниковым данным конкретный материальный ущерб от конкретного пожара. Здесь также существует несколько подходов. В (ВНИИ ГО ЧС МЧС РФ, 2001) предлагается методика экспресс оценки материального ущерба от лесных пожаров на основе космических данных с пространственным разрешением до 250 м, которые используются для вычисления площади и местоположения лесных гарей. По данным топографических карт (плотность деревьев, средняя толщина ствола деревьев, средняя высота деревьев), определяется геометрическим методом объем сгоревшей древесины. При этом предполагается, что после пожара потеря древесины составляет 100%.

Методика оперативной оценки экономического ущерба на момент обнаружения действующих лесных пожаров и ее прогнозирование на основе моделирования динамики их вероятного развития предлагается в (Романов, 2008). Она базируется на комплексной обработке данных Terra MODIS и понятии удельной цены одного гектара леса на основе доступных лесотаксационных данных. В потенциальный ущерб включается также ущерб от пожаров, связанный с доставкой технических средств тушения, пожарных бригад к месту обнаружения пожара и стоимость его локализации. При этом вопрос о проценте потери древесины при пожаре не рассматривается.

Наш подход базируется на следовании официально применяемой в настоящее время в Казахстане в органах лесного хозяйства методики для оценки ущерба от лесных пожаров на территориях лесного фонда (Методические рекомендации, 2006), в которой определен и подсчет процента потери древесины при пожарах. Её основные положения использовались при разработке ГИС-технологии оценки потенциального ущерба лесных угодий от пожаров.

Земли лесного фонда делятся на нелесные и лесные земли. Лесные земли подразделяются на не покрытые (гари, вырубки и др.) и покрытые (древостои, естественные

редины и др.) лесной растительностью. Наибольшее промышленное значение имеют древостои, которые делятся по доминирующим лесообразующим породам (сосна, ель, береза, осина и др.) и по возрастным группам. Важное значение имеет административно-хозяйственная структура земель лесного фонда. Для ООПТ это наименование, филиал, лесничество, квартал. Это по сути специальная система координат, используемая в лесном хозяйстве. Именно в ней формируются сообщения о пожарах, других ЧС, производственно-хозяйственная информация и т.д.

Наименьшей учетной единицей оценки лесных ресурсов является таксационные выделы, входящие в состав кварталов и представляющие собой однородные по своему хозяйственному значению и таксационной характеристике участки. Эти характеристики включают состав древесных пород, тип леса, возраст, средний диаметр и высота, полнота, запас стволовой древесины и др. характеристики.

При оценке ущерба от лесных пожаров важное значение имеет вид лесного пожара и его интенсивность. По видам пожаров выделяют низовой беглый, низовой устойчивый, почвенный и верховой, по интенсивности - слабый, средний и сильный. Всего получается 12 классов пожаров. Их основные признаки приводятся в Приложении 1 (Методические рекомендации, 2006). Там же в Приложении 2, исходя из этих классов, рассчитываются потери древесины на корню в процентах от общего запаса при лесных пожарах для каждого типа растительности и возраста (средний диаметр). Для каждого из 12 классов лесного пожара выделяют 8 типов растительности и 4 возрастных категории. Эти значения и определяют величину k_i в формуле (1).

Так, для примера, для среднего диаметра 17-24 см при низовом беглом пожаре сильной интенсивности процент (от общего запаса) отмершей древесины и ожидаемого последующего отпада по породам составляет: для лиственницы 10, для сосны 15, для ели 35, для березы 30; а для верхового средней интенсивности, соответственно: для лиственницы 15, для сосны 90, для ели 95, для березы 80.

Вид и интенсивность пожаров первоначально задаются, исходя из наземных данных или из среднестатистических многолетних данных для исследуемой территории. В Казахстане леса занимают незначительные территории, и большая их часть относится к ООПТ, которые располагают такой информацией.

При численных расчетах прямого материального ущерба по формуле (1) используют базовые ставки, утвержденные постановлениями правительственных органов. Так, для стоимости потерь деловой древесины исходят из утвержденной в 2012 году в Налоговом кодексе Казахстана средней ставки платы за 1 кубометр древесины. К ставкам платы при-

меняются поправочные коэффициенты в зависимости от удаленности лесосек от дорог общего пользования и в зависимости от рельефа местности, приведенные там же.

Косвенный ущерб от лесных пожаров включает в себя расходы на тушение лесных пожаров; ущерб от снижения полезных функций леса и др. Наиболее значительным по стоимости является ущерб от потери в результате пожаров полезных функций леса. Он определяется умножением суммы прямого материального ущерба от лесных пожаров на коэффициент экологической значимости.

С учетом всего сказанного выше функциональная блок-схема расчета величины ущерба лесных угодий от пожаров включает 4 функциональные группы. К первой группе относятся блоки, в которых формируется маска пострадавших от пожаров лесных территорий, ко второй - ГИСовская часть, которая используется и при формировании масок, и при вычислении материального ущерба; к третьей - различные параметры, используемые при вычислении материального ущерба и полученные преимущественно по наземным данным, включая нормативные положения; а четвертую составляют блоки расчета различных видов материального ущерба от лесных пожаров.

Верификация ГИС-технологии оценки ущерба лесных угодий от пожаров

Наибольший интерес для органов управления и ЧС представляют ООПТ. Среди ООПТ наиболее значимым для республики представляется Государственный лесной природный резерват «Семей орманы», созданный для сохранения и восстановления уникальных ленточных сосновых боров Прииртышья, выполняющих важные защитные функции и имеющих особую экологическую, научную, культурную и рекреационную ценность. Он расположен в северо-западной части Восточно-Казахстанской области и включает 9 филиалов и 31 лесничество.

В «Семей орманы» хорошо организована служба контроля пожаров. Здесь внедрена уникальная сканирующая система круглосуточного раннего распознавания лесных пожаров, основанная на немецкой технологии Fire Watch. Камеры наблюдения устанавливаются на вышках и за 6 минут полного круга вращения передают на пульт оператора 18 высокоточных снимков. Радиус действия оптических датчиков - до 15 км. При этом система работает в температурном режиме от -45°C до +50°C, что является важнейшим условием бесперебойной работы в условиях Восточного Казахстана.

Для верификации были проанализированы данные о пожарах, зафиксированных работниками «Семей Орманы» за 2007-2012 годы. Подавляющее большинство пожаров имеют незначительной площади (в 2012 году средняя площадь одного пожара составляла всего 0,12 га). Однако было несколько случаев средних (несколько десятков га) пожаров.

Среди них пожар 28 июня 2012 г. в Аульском лесничестве, зафиксированный в 15 ч. 10 мин. и нанесший самый крупный ущерб в 2012 г.. По данным MODIS этот пожар был впервые зафиксирован 28 июня 2012 года в 11 ч. 19 мин. на территории России и затем перешел в Казахстан. Важно, что этот пожар был зафиксирован по космическим данным почти на четыре часа раньше. Поэтому наша система космического мониторинга является хорошим дополнением к системе Fire Watch, так как она позволяет предупреждать о пожарах, расположенных за пределами её зоны действия.

Результаты оценки площади пожара в «Семей Орманы» за 28-30 июня 2012 года по данным MODIS дают меньшую (примерно на 30%) по сравнению с наземными данными площадь. Это можно объяснить низким пространственным разрешением данных MODIS, что может приводить к существенным ошибкам при небольших площадях пожара. Для уточнения площади этого лесного пожара 6 июня 2013 года была проведена космосъемка World View-2, на которой выгоревшая площадь уверенно фиксируется и через год. Для этих же целей был получен снимок Landsat-8 за 27 мая 2013 года, на котором также четко фиксируется территория, пострадавшая от этого лесного пожара.

Оценка площади пожара по данным Landsat-8 составляет 19,1 га, что практически равняется наземной оценке (19,2 га). Площадь, пострадавшая от пожара, по данным World View-2 несколько больше и составляет 20,3 га. На *рис. 2* представлены оценки пострадавших лесных площадей при пожаре 28-30 июня 2012 года в Аульском лесничестве «Семей Орманы» по этим данным и схема по наземным данным. Видно, что качественно форма выгоревшей площади одинакова для всех трех случаев.

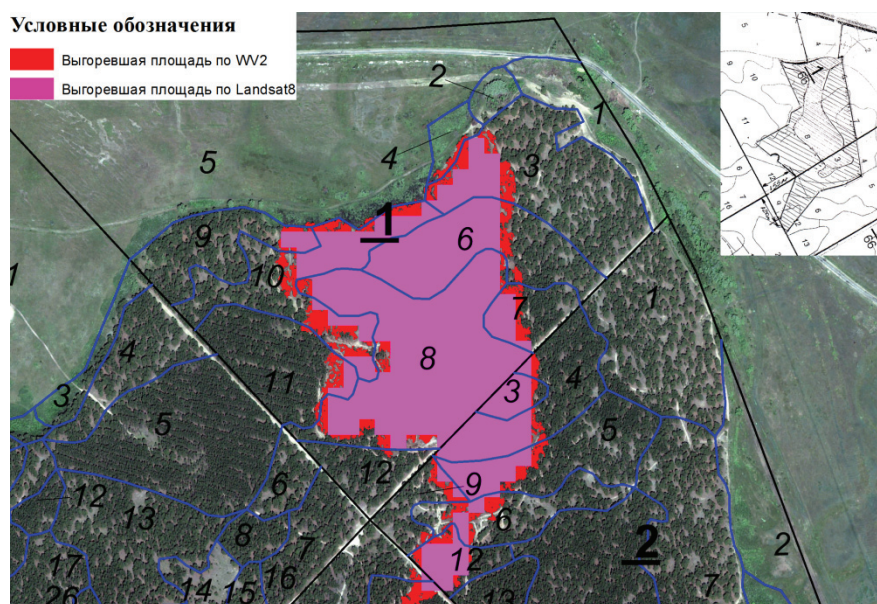


Рис. 2. Снимок World View -2 (фрагмент) с наложением таксационной карты и выгоревших площадей, полученным по данным Landsat и World View -2 и схема выгоревших площадей по наземным данным

При использовании ГИС-представления имеем картографически привязанные выделы с полным набором таксационных характеристик. Накладывая на таксационные карты выгоревшие площади, полученные по ДДЗ, получаем в местах пересечения площади выделов (S_i), пострадавшие от пожаров (рис. 2), которые присутствуют в формуле (1).

Из таксационных данных считываем запас древесины, представляющий собой величину V_i в формуле (1). Для определения удельной стоимости P_i считываем для каждого выдела породу и диаметр ствола и определяем согласно налоговой таблицы стоимость кубометра древесины, который умножаем на коэффициент удаленности от дорог, который берется из квартальных характеристик. Коэффициент k_i в формуле (1) берется из описанной выше таблицы потерь древесины и наземных данных в зависимости от вида и интенсивности лесных пожаров, которые берем или из наземных данных, или из среднестатистических. Во втором случае уточняем в дальнейшем по наземным данным. Вычисленный ущерб от лесного пожара 28-30 июня 2012 года в Аульском лесничестве «Семей Орманы» по данным Landsat и World View-2 достаточно хорошо совпадает с наземными данными.

Что касается точности получаемых оценок, то она складывается из двух составляющих: точности определения по ДДЗ пострадавших от пожаров площадей и точности других величин, входящих в формулу (1). Последние определяются согласно официальным нормативным требованиям и при наших вычислениях, и при вычислениях наземных лесоохранных служб. В принципе, использование данных ДЗЗ, особенно радарных, позволяет получить современные лесотаксиметрические данные. В частности, в России активно развиваются такие методики, но пока это неофициальные данные,

Таким образом, расхождения в оценке ущерба от пожаров между вычислениями на основе ДДЗ и наземных лесоохранных служб определяются точностью оценки площадей, пострадавших от пожаров. Оценке точности полученных по ДДЗ площадей пожаров посвящено много работ. Особенно хорошо этот вопрос проработан в исследованиях ИКИ РАН, например (Барталев и др., 2014), в которых проанализирован огромный статистический материал. Наши оценки, полученные на значительно меньшем статистическом материале, в основном, совпадают. Только в нашем случае первоначальная оценка площади пожаров формируется сразу на основе данных MODIS разрешением 250 м, а затем уточняется по мере поступления данных Landsat. При этом отсутствует жесткое требование соответствия очагов и выгоревших площадей, так как часто фиксируем площади без фиксации очагов, что подтверждается наземными данными.

Заключение

Разработана методика оценки потенциального ущерба от пожаров на основе данных космического мониторинга пожаров, тематических ГИС, нормативных положений официальных организаций по оценке ущерба от пожаров и стоимостных показателей из налогового кодекса и биржевых данных. Для труднодоступных районов и при ограниченности наземных служб выигрыш во времени по оценке потенциального ущерба может достигать нескольких недель.

Для лесных пожаров отработана технология, которая позволяет оценить прямой и косвенный потенциальный ущерб для каждого конкретного пожара, для элементарных производственных структур (уделы, кварталы), для различных производственных объектов (лесничества, ООПТ и т.п.) и административных субъектов (округа, районы, области) за конкретный временной период. При этом ее можно использовать при оценке такого ущерба и по наземным данным, и по результатам моделирования динамики развития пожаров. В этом случае в ГИС вводится контур пожара, полученный по наземным данным или в результате моделирования, а дальше расчет производится аналогичным образом. Результаты формируются в виде таблиц в ГИС и в Excel.

Базовый технологический комплекс оценки потенциального ущерба лесных земель от пожаров формируется на основе находящегося в свободном доступе программного обеспечения. Такой подход снимает вопрос с лицензированием и тиражированием технологии при внедрении ее в практическую деятельность различных организаций.

Аналогичная ГИС-технология разработана и для оценки потенциального ущерба сельскохозяйственных угодий от пожаров. Основной ущерб определяется стоимостью недополученной продукции по ценам реализации, действующим на момент ЧС. В отличие от лесных пожаров, где данные ДЗЗ используются в основном для определения пострадавших от пожаров площадей, в рассматриваемом случае эти данные могут активно использоваться также и для определения таких параметров как вид посеянных культур и их потенциальная урожайность.

Расчет величины ущерба в этом случае также проводится по формуле (1) при $C_j = 0$. Потенциальная урожайность V_i пострадавших посевов оценивается с использованием статистических данных за предыдущие годы, исторических и оперативных данных дистанционного зондирования, а также результатов наземных исследований на тестовых полигонах. Оценка потенциальной стоимости единицы веса P_i определяется с учетом статистических данных за предыдущие годы с привлечением данных с зерновой биржи за текущий год. Коэффициент степени повреждения посевов k_i можно положить равным 1.

Работа выполнена в рамках проекта «Разработка технологий и алгоритмов ситуационного управления на основе многолетних рядов данных дистанционного зондирования Земли» Республиканской бюджетной программы 002 «Прикладные научные исследования в области космической деятельности»

Литература

1. *Архипкин О.П., Сагатдинова Г.Н.* Основные результаты и направления развития космического мониторинга ЧС в Казахстане // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10. № 1. С. 292–302.
2. *Барталев С.А., Лузян Е.А., Стыценко Ф.В., Панова О.Ю., Ефремов В.Ю.* Экспресс-картографирование повреждений лесов России пожарами по спутниковым данным Landsat // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2014. Т. 11. № 1. С. 9–20.
3. Методика экспресс оценки ущерба от лесных пожаров с использованием данных космической съемки. ВНИИ ГО ЧС МЧС РФ. 2001. 29 с.
4. Методические рекомендации по учету, определению и возмещению ущерба, причиняемого пожарами на территории лесного фонда Республики Казахстан. Утверждены приказом МСХ Республики Казахстан от 7 декабря 2006 года № 267.
5. *Романов А.А.* Оперативная оценка экономического ущерба от лесных пожаров по данным TERRA/MODIS. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Красноярск. 2008.
6. *Стыценко Ф.В., Барталев С.А., Егоров В.А., Лузян Е.А.* Метод оценки степени повреждения лесов пожарами на основе спутниковых данных MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10. № 1. С. 254–266.
7. *Spivak L., Arkhipkin O., Sagatdinova G.* Development and prospects of the fire space monitoring system in Kazakhstan // *Frontiers of Earth Science*. 2012. V. 6(3). P. 276–282.

Remote estimation of damage from forest fires in the space monitoring system of emergency situations of Kazakhstan

O.P. Arkhipkin., G.N. Sagatdinova, Z.A. Bralinova

National Center of Space Research and Technology, Kazakhstan

E-mail: oarkhipkin@rambler.ru, mkmikiz@mail.ru

This paper presents description of a methodology and GIS technology for potential damage estimation from fires by remote sensing data. The technology allows operational estimation of potential damage from forest and steppe fires, which can be refined by ground-based data. This estimation is based on data of space monitoring of fires, thematic GIS, regulations of official organizations for damage assessment from fires and cost parameters of the Tax Code and stock exchange data. Space monitoring data are used for determination of burned areas. Operational estimation of such areas is initially performed from MODIS data, it is then sought to be improved based on medium resolution data such as Landsat. If necessary, data of high resolution are used. Further, in fire-affected areas we define elementary classes of the underlying surface with homogeneous characteristics to base the estimation of material damage on. For this purpose, for each elementary class we define two specific characteristics: the value of production per unit area, and the cost of unit of production. When calculating material damage, a coefficient reflecting the damage rate of products located in the burnt areas is also taken into account. The technique for damage definition from forest fires, which is of particular interest for the emergency bodies, is presented in detail. There exists a well developed methodical and normative basis concerning forest fires.

Keywords: remote sensing, space monitoring, emergency situations, forest and steppe fires, fire centers, burnt areas, taxation data, material damage, GIS-technology.

References

1. Arkhipkin O.P., Sagatdinova G.N., Osnovnye rezul'taty i napravleniya razvitiya kosmicheskogo monitoringa ChS v Kazakhstane (The main results and directions of space monitoring of emergencies in Kazakhstan), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2013, Vol. 10, No. 1, pp. 292–302.
2. Bartalev S.A., Loupian E.A., Stytsenko F.V., Panova O.Yu., Efremov V.Yu., Ekspress-kartografirovaniye povrezhdenii lesov Rossii pozharemi po sputnikovym dannym Landsat (Rapid mapping of forest burnt areas over Russia using Landsat data), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2014. Vol. 11, No. 1, pp. 9–20.
3. Method of rapid assessment of damage from forest fires using satellite data, *VNII GO ChS MChS RF* (Emercom of Russia Publ.), Moscow, 2001, 29 p.
4. *Kazakhstan Agriculture Ministry Rule No. 267*, 07.12.2006.
5. Romanov A.A., *Operativnaya otsenka ekonomicheskogo ushcherba ot lesnykh pozharov po dannym TERRA/MODIS*, *Avtoreferat diss. cand. tekh. nauk* (Operational assessment of economic damage from forest fires using MODIS TERRA/MODIS data. Author's abstract diss. Cand. Tech. Sci.), Krasnoyarsk: SFU, 2008, 23 p.
6. Stytsenko F.V., Bartalev S.A., Egorov V.A., Loupian E.A., Metod otsenki stepeni povrezhdeniya lesov pozharemi na osnove sputnikovyykh dannyykh MODIS (Post-fire forest tree mortality assessment method using MODIS satellite data), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2013, Vol. 10, No. 1, pp. 254–266.
7. Spivak L., Arkhipkin O., Sagatdinova G., Development and prospects of the fire space monitoring system in Kazakhstan, *Frontiers of Earth Science*, 2012, Vol. 6(3), pp. 276–282.