

А. А. Леонтьев (ООО «Pixel Solutions», Украина)

В 2002 г. окончил Военный институт имени С.П. Королева (Украина). В настоящее время — технический директор ООО «Pixel Solutions», Украина.

Система спутникового мониторинга состояния полей и прогнозирования урожайности*

Сегодня уже вряд ли можно кого-то удивить использованием космических снимков или геоинформационных технологий в какой-либо из отраслей народного хозяйства. Сельское хозяйство не является исключением.

Украинская компания Pixel Solutions уже на протяжении нескольких лет активно работает с крупнейшими аграрными холдингами в Украине, предоставляя услуги космического мониторинга состояния посевов, прогнозирования урожайности, формирования карт азотных подзормок. Опыт успешных внедрений данных технологий позволяет нам уверенно сказать, что это действительно работает.

Первый и самый ожидаемый вопрос клиента: «Зачем мне это нужно?» Ответ прост: экономия денежных средств и владение реальной ситуацией. Система спутникового мониторинга — это совокупность геоинформационных технологий, которые позволяют на выходе организовать сезонный мониторинг полей заказчика, выявить и локализовать проблемные места, сформировать карту азотных подзормок и сделать прогнозную оценку урожая за 1,5–2 месяца до начала уборочной кампании, оптимизировать отборы проб для агрохимической лаборатории.

Проект всегда начинается с определения площади работ. Кажется бы, ничего сложного, но, как показывает практика, не все могут уверенно назвать точные площади своих полей. В данном случае мы предлагаем использовать снимки сверхвысокого пространственного разрешения для уточнения или формирования границ полей. Как правило, многие из клиентов нашей компании имеют «на руках» GPS-трек объезда поля и ориентируются на него. Бесспорно, используя такие

треки, клиент может произвести расчет площади своего поля достаточно точно, но зачастую есть участки, где проехать физически невозможно, вот тогда и возникают большие погрешности как в формировании самого трека, так и в расчете площади поля в итоге.

На рис. 1 продемонстрирована реальная ситуация, когда в момент объезда поля был пропущен достаточно крупный фрагмент (выделено зеленым полигоном). Исходя даже из расчета закупки и последующего внесения удобрений, только на этом этапе уже можно получить существенную экономию.

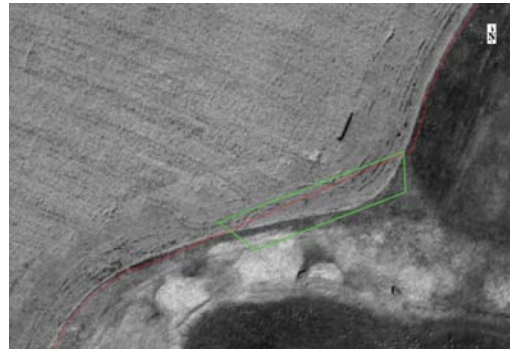


Рис. 1. Визуализация трека на космическом снимке

Второй этап работ — определение перечня рабочих культур в сезонном мониторинге. Исходя из этого формируется план космической

*Статья подготовлена по результатам выполненного проекта — победителя конкурса «Лучшие проекты в области ГИС-технологий и ДЗЗ» в номинации «Уникальная разработка технологий в области ДЗЗ и ГИС» в рамках Международного Форума «Интеграция геопространства — будущее информационных технологий».

съемки. Эффективный мониторинг и прогноз урожайности возможны при наличии минимум трех космических снимков в течение сезона мониторинга. Использование заказной, программируемой съемки является наиболее надежным вариантом как с точки зрения контроля сроков съемки (которые строго рассчитываются, исходя из перечня рабочих культур), так и с точки зрения облачности на получаемых снимках. Мы не будем в этой статье углубляться в особенности той или иной космической системы для получения снимков. Скажем лишь, что мы предоставляем клиенту возможность выбора пространственного разрешения на местности. Иными словами, точности получаемого продукта на выходе. Согласитесь, ведь есть разница, когда расчет внесения той же аммиачной селитры был произведен для пиксела с размером 5 м в плане или для пиксела в 250 м.

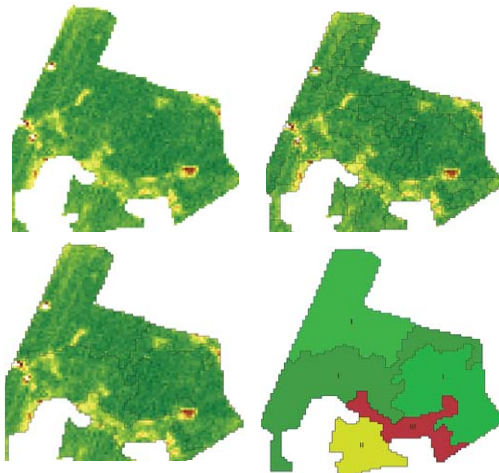
Карту азотных подкормок мы формируем в самом начале работ. В идеале это период мерзлотной почвы, но с учетом погодных условий сроки могут сдвигаться. Сформированная карта может быть представлена заказчику по желанию в виде стандартного картографического планшета либо в виде геоинформационного файла (векторного или растрового). При наличии наземных проб растений на содержание азота заказчику выдается стандартный шейп-файл, где указаны дозы внесения удобрения. Если наземные измерения не предоставляются, заказчик получит относительную карту с зонированием, как показано на рис. 2.

Каждая цветовая градация на рассчитанной карте соответствует той или иной дозе рекомендованной азотной подкормки. Рассчитанный экономический эффект для 5000 га показал экономию 2,94 млн р¹.

На данный момент внедрена технология, позволяющая формировать карты-задания с дозами удобрений для любых типов управляющих компьютеров.

Сезонный мониторинг культур в системе спутникового мониторинга возможен за счет регулярной космической съемки полей заказчика. Для клиента ценность составляет не сам космический снимок, а результаты его интерпретации аналитиком-дешифровщиком с локализацией проблемного места и выдачей описания проблемы. Основные параметры мониторинга — это вегетативная биомасса, листовая поверхность, влажность в тканях

растений. По желанию заказчика этот набор может быть изменен или расширен. Доступ к данной информации предоставляется через защищенный web-интерфейс (рис. 3). Любой клик по контуру поля либо по атрибутивной таблице приводит к отклику системы в виде центровки карты по запросу и выдачи всплывающей подсказки о данном поле на текущую дату.



Формирование «азотной карты» на основе космического снимка.

Рекомендованная подкормка (кг/га) для участков: I - $N_{0,09}$
 II - $N_{0,17}$
 III - $N_{0,24} + N_{0,09}$

Рис. 2. Карта азотных подкормок



Рис. 3. Пример отображения системы через web-интерфейс

¹ Проведение 2 азотных подкормок аммиачной селитрой в дозе 30 кг/га на всю площадь: 5000 га x 0,17 = 850 т x 14 684 р. = 12 481 400 р.

Проведение 1 подпитки на 50% площади в дозе 30 кг/га по результатам дистанционной диагностики состояния посевов: 2500 га x 0,09 = 225 т x 14 684 руб. = 3 303 900 р. Проведение 2 азотных подкормок на 50% площади: 2500 га x 0,17 = 425 т x 14 684 р. = 6 240 700 р.

Экономия: 12,48 - 3,3 - 6,24 = 2,94 млн р.

(Расчет не учитывает все прочие накладные расходы на обработку площади в 5000 га, возможную экономию по внесению удобрений под другие культуры, а также стоимость работ по оценке состояния культур.)

На любом из этапов работы с системой пользователь может сгенерировать текстовый (рис. 4) и графический отчет на интересующую его дату и культуру (культуры).

Наша компания добилась высокой точности в **прогнозировании урожайности**, и это подтверждено отчетностью наших клиентов. Фактически за 1,5–2 месяца до начала уборки урожая заказчик получает документ, в котором рассчитан валовый сбор урожая. Точность прогнозных оценок в 2012 г. составила 96% от реального сбора сухого вещества в хранилища. В качестве экспертной оценки продуктивности поля может быть составлена карта урожайности данного поля (рис. 5) или региона работ в целом.

Общий эффект от внедрения системы — помимо организации объективного контроля продуктивности агрохолдинга в целом, это еще экономический эффект. При анализе продуктивности системы (экономия на расчете площадей внесения удобрений, переход к точному земледелию в плане

локальных подкормок, оптимизация отбора проб для агрохимических лабораторий, предварительная оценка урожая) был произведен расчет, который показал экономию денежных средств вплоть до 20% в течение аграрного сезона! Только на азотных подкормках экономия составила 30% по сравнению с «классическими» технологиями. Данная система — это результат многолетней кропотливой работы профессиональных аграрных и ГИС-специалистов.



Рис. 5. Карта урожайности поля

Поле	Культура	Оценка	Аналитическое описание	Площадь, га	Средняя урожайность, ц/га	Урожайность, ц
144	Пшеница	2		1589,05	54,4	86 444,32
146	Пшеница	2		801,23	48,7	39 019,901
147	Кукуруза	4	Хороший	129,92	92,9	12 069,568
148	Пшеница	3		188,45	38,3	7217,635
149	Люпин			472,11		
150	Кукуруза	3	Местами ограниченная видимость, остальные поля — удовлетворительное состояние	421,55	95,8	40 384,49
151	Пшеница	3		101,96	45,7	4659,572
165	Пшеница	2		517,61	56,4	29 193,204
166	Пшеница	2		288,15	51,5	14 839,725
167	Соя			999,27		
168	Кукуруза	4	Хороший	190,76	96,2	18 351,112
169	Пшеница	2		861,31	56,4	48 577,884
170	Кукуруза	2	Склон с ограниченной видимостью	44,32	80,3	3558,896
171	Кукуруза	2	Местами ограниченная видимость, очаги с хорошим состоянием	1060,85	96,1	101 947,658
172	Пшеница	3		295,59	52,6	15548,034
173	Картофель	2	Склоны, участок с видимой посадкой картофеля имеет — удовлетворительное состояние	318,38		
174	Кукуруза	2	Ограниченная видимость посева	237,5	80,3	19 071,25
175	Горчица			33,53		
176	Кукуруза	2	Ограниченная видимость посева	1135,1	80,2	91 035,02
177	Картофель	2	Склон (посев не видно), 1/5 поля - удовлетворительное состояние	371,77		

Рис. 4. Пример текстового отчета в формате Excel