ТЕМА: "Всемирное наследие" (WRO)

Проект: «Мониторинг эрозионных процессов кембрийских известняков объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО Ленские столбы»

Команда "Дифференциал" Городская гимназия — МБОУ г. Димитровград, Ульяновская область

Оператор: Борис Евсеев

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ (постановка задачи)		
Часть 1. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЕКТА		
1.1. Средство мониторинга	5	
1.2. Характеристики робота	6	
1.2.1. Узел привода канатоведущих шкивов	6	
1.2.2. Узел привода горизонтального перемещения фотокамеры	8	
1.2.3. Узел тросового привода затвора фотокамеры	10	
1.2.4. Датчики	12	
1.2.5. Командный центр	12	
1.2.6. Сводная таблица технических характеристик робота "Канат-1"	14	
Часть 2. РЕЗУЛЬТАТЫ МАКЕТНЫХ ИСПЫТАНИЙ	15	
2.1. 2D фотосъёмка	15	
2.2. 3D фотосъёмка	17	
2.3. Профилограмма	18	
Выводы	19	
Список литературы	20	

ВВЕДЕНИЕ (постановка задачи)

Ленские столбы образовались из донных осадков раннего кембрия (около 550 млн. лет до нашего времени), поднятых на высоту до 200 м от поверхности земли в результате глубинных тектонических процессов на территории Сибирской платформы около 400 тыс. лет назад [1-2]. С течением времени сочетание различных эрозионных процессов привело к образованию тянущегося на многие километры комплекса вертикально вытянутых скал - Ленских столбов (рис.1).



Рис.1 Ленские столбы, Республика Саха (Якутия), Россия [3].

В 2012 году Ленские столбы включены в список *Всемирного наследия ЮНЕСКО* по критерию VIII, как объект являющийся выдающимся образцом главных этапов истории земли, в том числе памятником прошлого, символом происходящих геологических процессов в развитии рельефа и символом геоморфических или физиографических особенностей [4].

Как отмечено в Статье 5с Конвенции об охране Всемирного культурного и природного наследия принятой ЮНЕСКО в 1972 г., "необходимо развивать научные и технические разработки и исследования и совершенствовать методы работы, позволяющие государству устранять опасности, угрожающие данному....природному наследию" [5]. Важным составляющим системы охраны природного наследия является мониторинг воздействий климатических, геологических или другие экологических факторов, приводящих к изменениям состояния природного объекта (Руководящие указания к конвенции (Раздел 4, §180-b5 11/01, ноябрь, 2011) [6].

Таким образом, разработка технических средств мониторинга объекта, включенного в список Всемирного наследия (Ленские столбы), является актуальной задачей направленной на сохранение данного природного объекта.

1. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЕКТА

1.1 Средство мониторинга

Для проведения периодического мониторинга эрозионных процессов кембрийских известняков Ленских столбов (вследствие воздействия факторов) климатических, геологических или другие экологических предлагается робота \mathbf{c} функциями вертикального использование фотографирования рельефа объекта передвижения, И измерения профилограммы поверхности.

В реальных условиях для работы робота необходимо закрепление двух параллельных стальных тросов на опорной трёхгранной ферме, установленной на верхней части выбранного (контрольного) столба, с растяжкой внизу столба (рис.2).

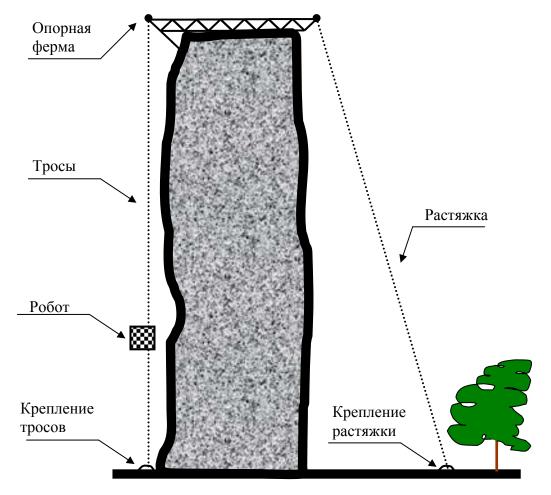


Рис. 2 Схема возможного крепления троса в реальных условиях без повреждения природного объекта

Установка опорной фермы может производиться на резиновые опоры без повреждения природного объекта.

Периодически (например раз в 6 месяцев) робот осуществляет спуск, вертикальный подъем И производя при ЭТОМ непрерывное фотографирование двух участков столба и измерение профиля его поверхности (контактным (например, цифровым индикатором часового типа на телескопической штанге) или бесконтактным способом (например, лазерным дальномером). Полученные данные сравниваются с результатами предыдущего мониторинга, на основании чего делаются выводы о скорости и особенностях эрозионных процессов.

"*Канат-1*" – <u>прототип робота</u> для мониторинга состояния природного объекта, собранный на базе конструктора LEGO (рис. 3).

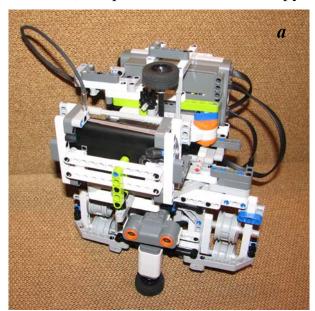




Рис.3 Внешний вид робота: a) — вид спереди, δ) — вид сзади.

1.2 Характеристики робота

"Канат-1" состоит из нескольких основных конструктивных узлов, собранных из конструктора LEGO (наборы 8547, 8274 и 8735).

1.2.1 Узел привода канатоведущих шкивов

Основной особенностью робота является его способность к самостоятельному вертикальному подъёму и спуску по двум неподвижным

стальным тросам с использованием 4-х алюминиевых канатоведущих шкивов [7] (с канавкой под диаметр троса 0,65 мм), которые крепятся тугой посадкой во внутренние обода колёс LEGO 4297210 (рис.4).

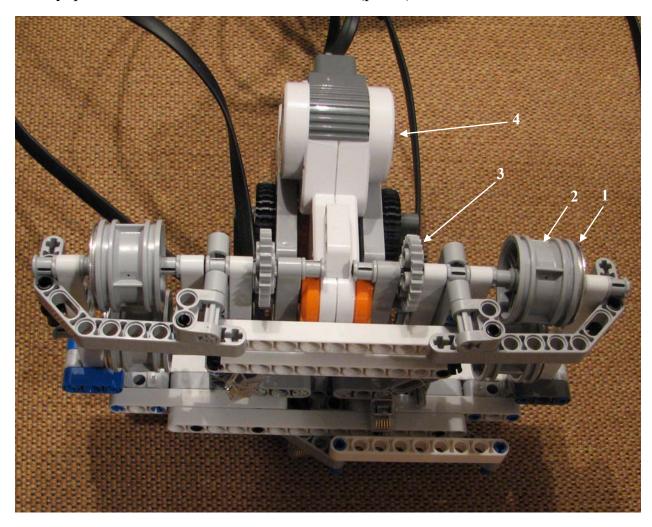


Рис.4 Узел привода канатоведущих шкивов (вид снизу): 1 – канатоведущий шкив; 2 – колесо LEGO 4297210; 3 – ведомая шестерня редуктора; 4 – сервомотор узла канатоведущих шкивов.

В каждой паре канатоведущих шкивов расположенных симметрично относительно центра робота, ведущим является нижний по отношению к поверхности земли шкив (рис.4 поз. 1, 2), который приводится в движение общим для пар шкивов сервомотором (рис.4 поз.4), через два понижающих (3:1) редуктора (рис.4 поз. 3).

Схема проводки троса через канатоведущие шкивы показана на рис.5.

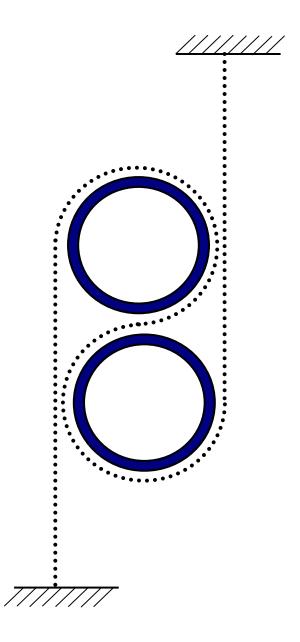


Рис. 5 Схема расположения троса в канатоведущих шкивах

1.2.2 Узел привода горизонтального перемещения фотокамеры

Другой особенностью робота является выполнение им фотосъёмки, в том числе и трёхмерной. Для этого используется камера мобильного телефона Sony Ericsson Xperia (разрешение снимков – 5 мп), имеющая автофокус и вспышку. Камера закрепляется в держателе камеры (рис.6).

Получение трёхмерных изображений осуществляется обработкой двух обычных изображений, снятых с разных точек.

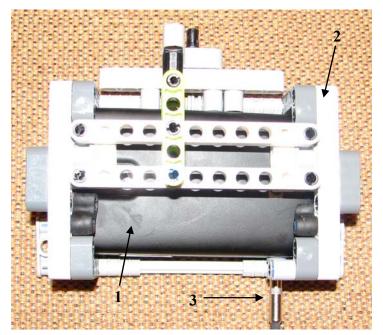


Рис.6 Держатель камеры: 1 – тестовая камера (МТС 916); 2 – держатель; 3 – тросовый привод затвора камеры.

Для вычисления оптимальной стереобазы расстояние до объекта съемки (в миллиметрах) необходимо умножить на коэффициент 1,5 (коэффициент параллакса бесконечности) и разделить полученное значение на фокусное расстояние объектива [8]:

$$L_S = L * 1.5/f$$

В данном случае предполагалось, что среднее расстояние от объектива до тестового объекта составит около 20 см при фокусном расстоянии камеры 4 мм. Отсюда: $L_S = 200x1,5/4 = 75$ мм.

Именно на это расстояние перемещается держатель камеры (рис.6 поз. 2) с помощью узла привода горизонтального перемещения камеры (рис. 7).

Перемещение обеспечивается сервомотором (рис.7 поз.1), который через червячный редуктор (рис.7 поз.2), передаёт вращение на реечный механизм (рис.7 поз.3), который, в свою очередь перемещает салазки (рис.7 поз.4) с держателем камеры.

Перемещение на достаточно большое расстояние при использовании короткой рейки LEGO 4211450 достигается за счёт рычажного механизма, который преобразует короткий ход рейки в длинный ход салазок с держателем камеры (рис.7 поз.4).

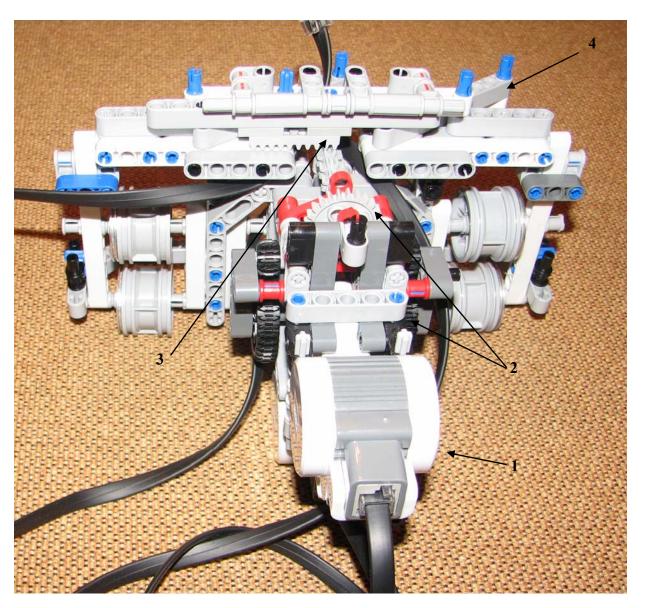


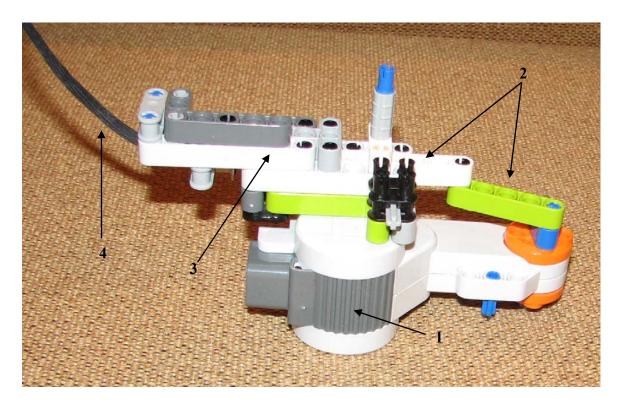
Рис.7 Узел горизонтального перемещения камеры (вид сзади): 1 — сервомотор узла горизонтального перемещения камеры; 2 — шестерни червячного редуктора узла; 3 — реечная передача; 4 — салазки перемещения держателя камеры.

1.2.3 Узел тросового привода затвора фотокамеры

Фотосъёмка осуществляется нажатием кнопки механического спуска фотокамеры мобильного телефона с помощью узла тросового привода затвора камеры (рис.8).

Вращательное движение сервомотора (рис.8 поз.1) с помощью системы рычагов (рис.8 поз.2) превращается в поступательное движение тросового

привода (рис.8 поз.4), который осуществляет нажатие кнопки затвора (рис.6 поз.3).



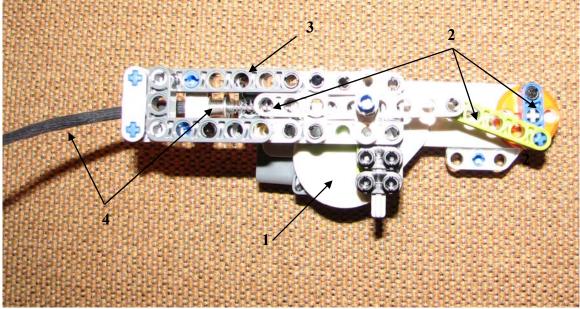


Рис. 8 Узел тросового привода затвора камеры (вверху – вид сбоку, внизу – вид сверху): 1 – сервомотор узла тросового привода затвора камеры; 2 – толкающие рычаги; 3 – держатель тросового привода; 4 – тросовый привод.

1.2.4 Датчики

В роботе "*Канат-1*" используется три стандартных датчика LEGO: два датчика касания (рис. 9 поз. 1, 2) и ультразвуковой датчик (рис. 9 поз. 3).



Рис. 9 Датчики с элементами крепления: 1 – датчик касания низа; 2 – датчик касания верха; 3 – ультразвуковой датчик.

Датчики касания уведомляют командный центр о достижении верха или низа при вертикальном перемещении и в зависимости от заложенной программы робот заканчивает работу или продолжает ее, двигаясь в обратном направлении.

Ультразвуковой датчик используется для измерения профиля макета столба и построения профилограммы в режиме реального времени (см. § 2.3).

1.2.5 Командный центр

"*Канат-1*" управляется стандартным командным центром (микрокомпьютером) LEGO NXT. Используемая программа представлена на рис. 10.

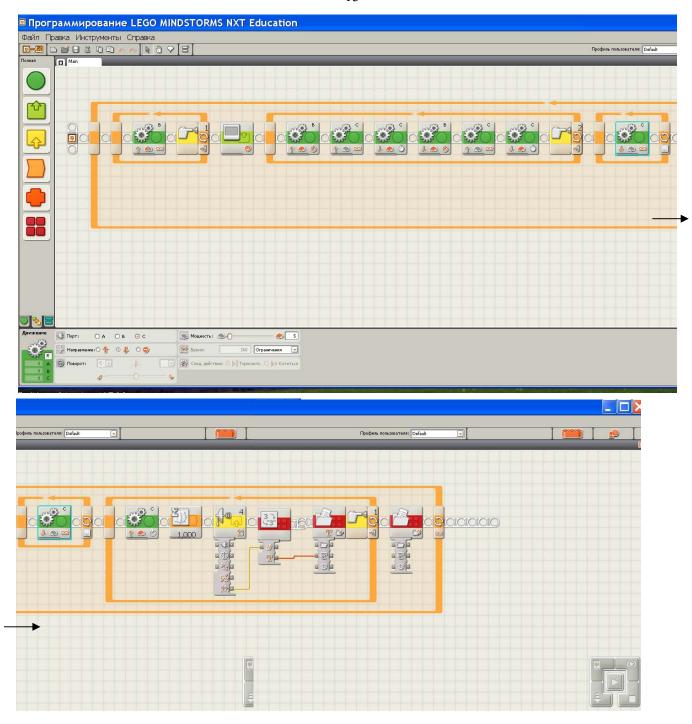


Рис. 10 Программа работы робота.

Согласно программе робот производит фотографирование в двух горизонтальных положениях камеры, перемещается и снова производит фотографирование. При движении в обратном направлении робот, делая короткие остановки, записывает сигнал от ультразвукового датчика и передаёт получаемые данные в режиме реального времени на компьютер оператора.

1.2.6 Сводная таблица технических характеристик робота "Канат-1"

Характеристика	Параметр	Примечания
Состав	наборы LEGO 8547, 8274,	Особенности:
	8735, канатоведущий шкив	самостоятельное
	– 4 шт., мобильный	вертикальное
	телефон Sony Ericsson	перемещение по
	Xperia, тросовый привод	неподвижным тросам, 3D
	затвора камеры	фотосъёмка, получение
		данных о профиле
		поверхности в режиме
		реального времени.
Тип управления	полностью	микрокомпьютер NXT
	автоматизированное	
Масса, кг	0,95	с фотокамерой
Грузоподъёмность,	1	
КГ		
Скорость подъёма,	0,05	
макс, м/с		
Диаметр троса, мм	0,65	
Нагрузка на трос,	15	
макс, кг		
Разрешение	5	
фотокамеры, мп		

2. РЕЗУЛЬТАТЫ МАКЕТНЫХ ИСПЫТАНИЙ

2.1 2D фотосъёмка

Для проведения тестовых испытаний робота "*Канат-1*" были изготовлены макет столба и стойка с двумя тросами (рис.11), соответствующая возможному варианту крепления робота на столбе в реальных условиях (рис.2).

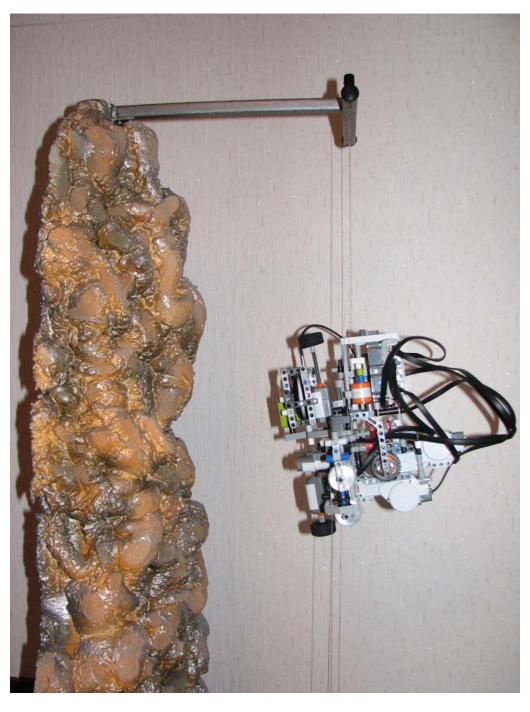


Рис.11 "Канат-1" на тросах около макета столба

При выполнении программы были получены серии снимков двух вертикальных линий по всей высоте макета столба. После окончания программы из памяти телефона снимки были скопированы на компьютер. Обработка и сшивка снимков осуществлялась в пакете Canon PhotoStich (рис.12).



Рис.12 Изображение фрагмента вертикальной линии сшитой из трёх последовательных изображений макета

Общее число изображений определяется высотой столба и может быть очень велико. Для сравнения возможных изменений поверхности природного объекта в реальных условиях на одних и тех же участках столба с течением времени необходимо использование специализированных пакетов программ, проводящих обработку и сверку изображений в автоматическом режиме.

2.2 3D фотосъёмка

Возможность получения 3D изображений является важной особенностью робота. 3D изображения могут быть получены как из любой пары горизонтальных фотоснимков (рис. 13), так и из фрагментов сшитых вертикальных линий фотоснимков.

В данном случае обработка снимков осуществлялась в программном пакете SteroPhotoMaker.

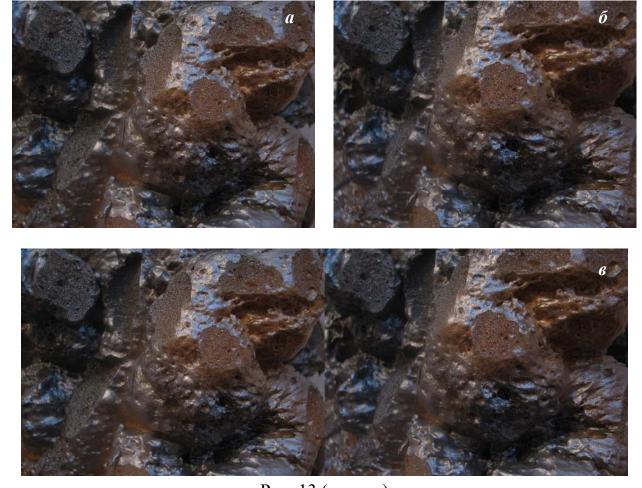


Рис. 13 (начало)

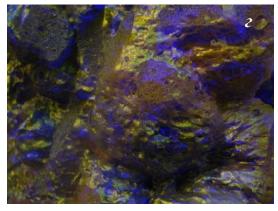


Рис. 13 (окончание) Пример получения трёхмерных изображений из одной пары горизонтальных снимков, сделанных "*Канатом -1*":

a, 6 - левое и правое изображение, соответственно; в) - стереоизображение,

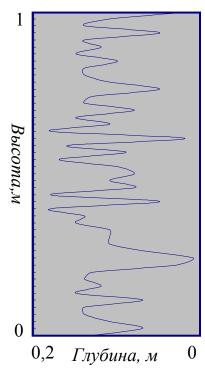
предназначенное для просмотра в поляризационных очках на 3D телевизорах и мониторах; г) — анаглифное стереоизображение для просмотра в анаглифных очках на любых устройствах.

3D изображения позволяют более качественно визуализировать возможные изменения поверхности природного объекта с течением времени.

2.3 Профилограмма

Количественную информацию о скорости эрозионных процессов в природном объекте можно получать из изменения профиля его поверхности. "Канат-1" использует для этого ультразвуковой датчик, данные от которого оператор может получать в режиме реального времени. Пример тестовой профилограммы, записанной "Канатом-1" приведён на рис.14.

Рис. 14
Тестовая профилограмма
макета столба, полученная
с помощью
ультразвукового датчика



ВЫВОДЫ

- 1. Разработан прототип полностью автоматического робота "*Канат-1*" на базе конструктора LEGO, предназначенный для проведения периодического мониторинга эрозионных процессов кембрийских известняков объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО Ленские столбы.
 - 2. Особенностями робота являются:
- а) самостоятельное вертикальное перемещение по неподвижным тросам;
 - б) 3D фотосъёмка;
- в) получение данных о профиле поверхности в режиме реального времени.
- 3. Работоспособность робота получила подтверждение в ходе макетных испытаний.

Список литературы

- 1. Электронный источник: http://www.lenskiestolby.ru/
- 2. Огиенко Л. В., Гарина С. Ю. Стратиграфия и трилобиты кембрия Сибирской платформы. М.: Научный мир, 2001 376 с.
- 3. Электронный источник: http://img-fotki.yandex.ru/get/5503/yes06.1fa/ 0_56553_36a6c835_XXL
- 4. Электронный источник: http://whc.unesco.org/document/116727B
- 5. Электронный источник: http://whc.unesco.org/archive/convention-en.pdf
- 6. Электронный источник: http://whc.unesco.org/archive/opguide11-en.pdf
- 7. Воробьёв А.Д., Сегал В.Л. Справочник электромеханика по лифтам. М.: Моск. Рабочий, 1980. 208 с.
- 8. Электронный источник: http://www.photoforall.ru/publ/teorija/stereofoto grafija/2-1-0-63