TEMA

Trasformazioni geometriche e robotica

Loriana Aiello

***Keywords**: robotica educativa ,problem solving, cooperative learning, meta cognizione, learning by doing, STEM, pensiero computazionale, pensiero critico*

Premessa metodologica

La robotica educativa è una disciplina che si ispira al paradigma costruttivista rielaborato in ottica più tecnologica, grazie alla teoria costruzionista. Secondo il **costruttivismo** (Jean Piaget 1896-1980) l'apprendimento è inteso come costruzione di modelli cognitivi attraverso la progressiva interiorizzazione delle azioni e ogni nuova conoscenza è ottenuta non per semplice trasferimento di informazione (**istruzionismo)** ma come processo di costruzione fondato sulla conoscenza già acquisita. Seymour Papert (1928-2016), padre del **costruzionismo,** aggiunge al costruttivismo il convincimento che l'accrescimento di conoscenza avviene in modo più felice ed appropriato se chi apprende è consapevolmente coinvolto nella costruzione di qualcosa di tangibile e di condivisibile, sia essa un castello di sabbia o la teoria dell'universo. Papert chiama questa forma di costruzione mentale "pensiero concreto". Nella robotica educativa i robot diventano i "veri oggetti su cui riflettere". Essi, attraverso la simulazione e la costruzione di modelli, favoriscono un apprendimento attivo e costruttivo, problematico e contestuale, in cui i ragazzi divengono costruttori del loro sapere. I robot nella didattica agiscono come potenti **mindtool** (Mikropoulos, Bellou,2013), perché:

- sono amplificatori cognitivi,
- sono strumenti di riorganizzazione mentale,
- sollecitano la riflessione.

Interagire con i robot, quindi, migliora l'apprendimento, contribuendo a:

- stimolare differenti strategie di pensiero;
- potenziare l'attenzione, con un coinvolgimento attivo del soggetto nel processo di apprendimento;
- rendere fruibili, attraverso la simulazione, situazioni difficilmente riproducibili in ambienti reali, che richiedono un tipo di apprendimento dinamico e flessibile.

Tale apprendimento non favorisce soltanto lo sviluppo di competenze a livello cognitivo, ma anche a livello metacognitivo, sviluppando il pensiero critico, la capacità di *problem finding*, *posing*, *solving* e l'autoapprendimento: presupposti, questi, per un processo educativo di *lifelong learning*.

Le esperienze di Robotica Educativa legate alle competenze disciplinari possono essere utilmente impiegate nei percorsi curricolari, sia per le discipline scientifiche sia per quelle umanistiche. Tuttavia, collocare i problemi da risolvere all'interno di Scenari di Apprendimento non usuali aiuta lo studente a ricordare concetti, a legarli l'uno all'altro, ad immaginare creativamente situazioni reali oltre a rendere più interessante e avvincente la ricerca delle soluzioni.

Introduzione

Questo lavoro vuole mostrare l'utilizzo del robot Lego EV3 in un'esperienza laboratoriale di studio delle trasformazioni geometriche. L'attività è stata realizzata con la classe II A specializzazione informatica dell'ITIS 'A.Monaco' di Cosenza. I 28 studenti, con competenze diversificate ma mediamente non elevate, sono stati divisi in 7 gruppi di 4 studenti ciascuno ed utilizzando GeoGebra (software di geometria dinamica), il foglio elettronico (Excel) e il software relativo al Robot Lego EV3 hanno, in circa 8 ore, realizzato l'esercizio.

Linee guida delle attività

- Inizialmente,si sono costruiti gli algoritmi per far eseguire al robot:
- Una traslazione di 50 cm.
- Una rotazione di 90°, 180°, 270°, 360°.
- Una rototraslazione, componendo una rotazione di 90° e una traslazione di 30 cm.

Successivamente, si sono memorizzate nel mattoncino intelligente tutte le informazioni necessarie a costruire il grafico rappresentativo del moto del robot. E' stato necessario leggere i valori dei sensori giroscopio, salvandoli in un file detto MyData, sfruttando il relativo blocco della categoria Advanced.

Dal Menù Strumenti – *Gestore file/data log* – si sono importati i files di Data logging, evidenziando il grafico. Il software di programmazione Lego Mindstroms EV3 permette di calcolare non solo il grafico ma anche l'area sottesa alla curva, la deviazione standard e l'interpolazione lineare, quadratica o cubica. Con il comando *Esporta DataSet* sono stati salvati su un file Excel i dati relativi all'esperimento, in modo da ricavarne il grafico, l'interpolazione, ecc. Questi stessi dati sono stati esportati anche su GeoGebra per confrontare i risultati. Infine, si è visto che il

robottino spostandosi da un punto ad un altro conservava alcune proprietà, si sono così ricavati gli invarianti.

Obiettivi

1. Motivare l'apprendimento e favorire il passaggio dall'astratto al concreto e viceversa, sperimentando in modo creativo.
2. Incoraggiare nei ragazzi la scoperta guidata, il *problem solving*, le attività di modellizzazione matematica.
3. Abituare gli studenti a lavorare in gruppo favorendo la dimensione collaborativa.
4. Risolvere problemi, trovare soluzioni e verificare i risultati sperimentando.
5. Dare un significato diverso all'errore: non più sconfitta che crea sconforto ma qualcosa che attiva nei ragazzi la voglia della sfida.

Esperienza didattica

Le lezioni tradizionali, spesse volte, sono considerate dagli alunni noiose. La concentrazione viene meno e l'apprendimento deve essere assistito richiamando sempre l'attenzione. Ho cercato, quindi, di legare insieme la matematica e la robotica, quest'ultima fiore all'occhiello del mio istituto, **campione del mondo 2014https://www.itimonaco.edu.it/pubblicazioni/182-campioni-del-mondo-di-robotica-2014.html**. L'idea mi è venuta studiando alcuni file di Peter Samuels, ricercatore presso l'Università di Birmingham (UK), riguardanti la simulazione del comportamento del robot Lego Mindstorms NXT, versione precedente all'EV3.

Alla pagina http://www.geogebra.org/en/wiki/index.php/Robotics sono presenti dei file di simulazione in ambiente GeoGebra che consentono di riprodurre il robot nella sua forma originale, di osservarne il comportamento, di individuare le relazioni tra le variabili spazio/tempo, di rappresentare gli oggetti e le relazioni in modo da poter interagire modificando le variabili. Questo aspetto dell'interattività con il modello è fondamentale per caratterizzare una simulazione e renderla produttiva dal punto di vista didattico.

TRASLAZIONE

Ho fatto realizzare, ai ragazzi, una procedura che determina la traslazione di 50 cm del robot lungo un asse parallelo all'asse del robot, con verso da sinistra verso destra.

Procedura

DatI:

r = raggio della ruota=2,8 cm

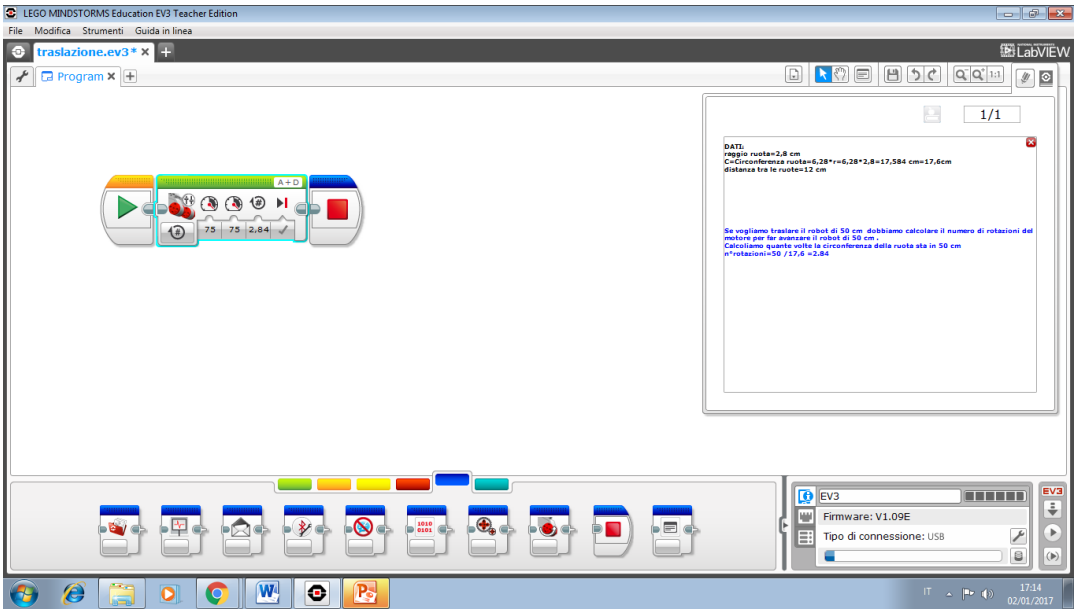
C = Circonferenza ruota = 6,28*r = 6,28*2,8 = 17,584 cm = 17,6 cm

distanza tra le ruote = 12 cm

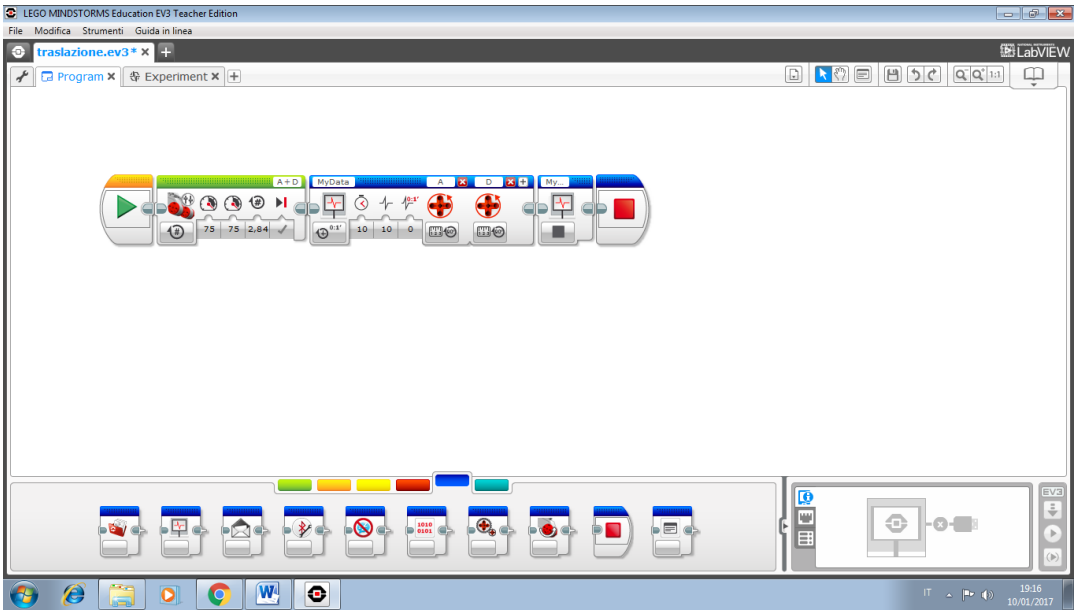
Se vogliamo traslare il robot di 50 cm, dobbiamo calcolare il numero di rotazioni del motore per farlo avanzare di 50 cm

n° rotazioni = 50 /17,6 = 2.84

Di seguito slide della procedura

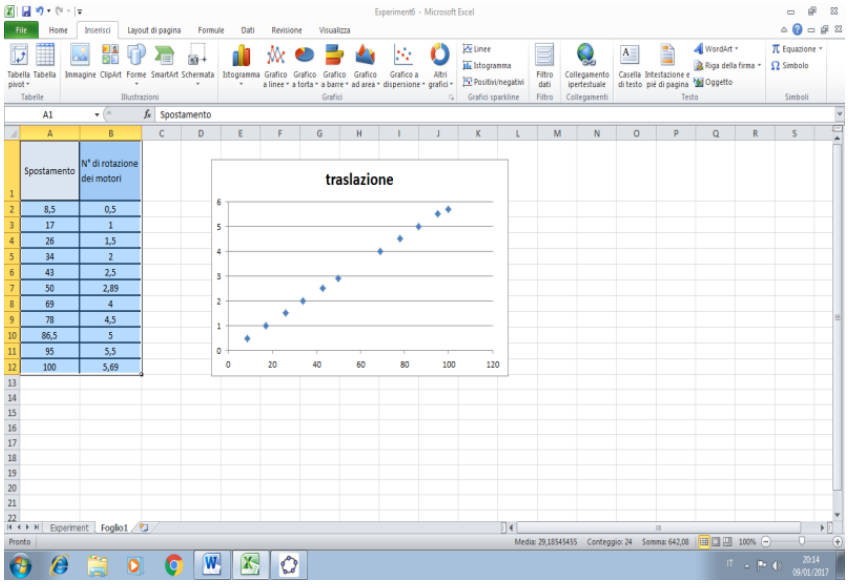


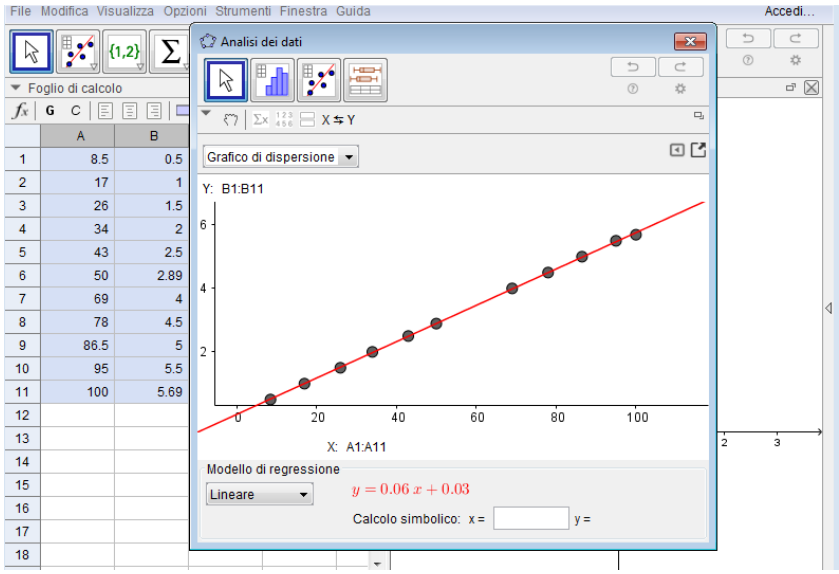
Inseriamo ora il *data logging*,



Aspetto interessante dal punto di vista matematico è quello dell'elaborazione dei dati acquisiti . Il mattoncino EV3, fornisce dati e grafico. Utilizzando il foglio di calcolo *Data logging*, si registrano i dati del sensore di rotazione del motore che si trasformano in un grafico .

Esportando i dati dal mattoncino Lego su Excel e su GeoGebra otteniamo il grafico a dispersione:





Con modello di regressione lineare di equazione y=0.06x+0.03

Osservando i due grafici si possono notare delle differenze. Il grafico ottenuto con Excel e GeoGebra è una retta mentre quello ottenuto con EV3 presenta delle concavità e delle convessità. Questo è dovuto al fatto che la matematica per modellizzare semplifica le situazioni eliminando i fattori ambientali che potrebbero interferire sui risultati come ad esempio l'attrito tra le ruote e il pavimento, o la batteria più o meno carica. Il robot invece considera tutti i fattori, dando origine ad una curva reale non ideale in cui sono chiaramente visibili la fase iniziale di accelerazione e quella finale di decelerazione.

Dall'esperienza abbiamo notato che il robottino si è spostato da un punto ad un altro sull'asse e che non ha subito trasformazioni; infatti i punti allineati sono rimasti allineati, i lati hanno mantenuto la stessa lunghezza, gli angoli la stessa ampiezza, ecc.

Abbiamo, così, ricavato i seguenti **invarianti**:

1. L'allineamento dei punti.
2. La lunghezza dei segmenti.
3. L'orientamento dei punti.
4. L'ampiezza degli angoli.
5. Il parallelismo.
6. Le direzioni.

Osserviamo anche che non esiste alcun punto del robot che mantiene la posizione iniziale dopo la traslazione: per questo diciamo che **la traslazione**

A. **non ha punti uniti**;

B. **ha infinite rette unite** (tutte le rette parallele al vettore traslazione, ma i punti di queste rette non sono uniti).

Inoltre, cambiando verso alla rotazione dei motori si ottiene la traslazione inversa. La traslazione non coincide con la sua inversa, quindi **non è involutoria**.

Abbiamo, poi, verificato che l**a composizione di due traslazioni è ancora una traslazione**.

Partendo da un punto stabilito, facendo traslare il robot prima di 50cm e poi di 30, abbiamo visto che lo stesso traguardo si raggiungeva programmando il mattoncino per una traslazione di 80 cm. Inoltre abbiamo verificato che il robot raggiungeva lo stesso traguardo sia traslando prima di 30 cm e poi di 50 sia traslando prima di 50 e poi di 30 cm.

La composizione di due traslazioni è commutativa.

ROTAZIONE

Nel robot Lego EV3, la rotazione può avvenire per secondi, per gradi e per rotazioni intere. Dalle numerose esperienze fatte, le rotazioni più precise ed affidabili sono quelle per gradi.

Per far ruotare il robot abbiamo 2 possibilità:

1. fare ruotare i motori in senso contrario,
2. tenere spento un motore e far girare l'altro.

Il centro di rotazione può essere:

1. il punto medio dell'asse delle ruote,
2. il centro di una ruota.

Prima possibilità

Supponiamo di voler far ruotare di 90 gradi il robot. Ci chiediamo allora, quante rotazioni del motore sono necessarie per ottenere un angolo di 90°?

La procedura da seguire è la seguente.

- Misuriamo il raggio della ruota: r = 2,8 cm.
- Misuriamo la distanza tra gli assi delle ruote: d = 12 cm.
- La misura della circonferenza della ruota è C = 2πr = 17,58 = 17,6 cm.
- La misura della circonferenza descritta dal robot ruotando su se stesso è C' = 2πr = 6,28*6 = 37,68 = 37,7 cm.
- Se il robot deve ruotare di 90°,allora dovrà percorrere ¼ di circonferenza cioè ¼(37,7) = 9,4 cm.
- Il n° di rotazioni del motore sarà C'/C = 9,4/17,6 = 0,5 rotazioni; 0,5*360 = 180°.

Quindi per farlo ruotare esattamente di 90°, bisogna digitare nel programma 180°.

Analogamente per ruotare di 180° dovrà percorrere una semicirconferenza e pertanto digitare 360°, per ruotare di 270° dovrà percorrere ¾ di circonferenza quindi 540°, per 360° una intera circonferenza e quindi 720°.

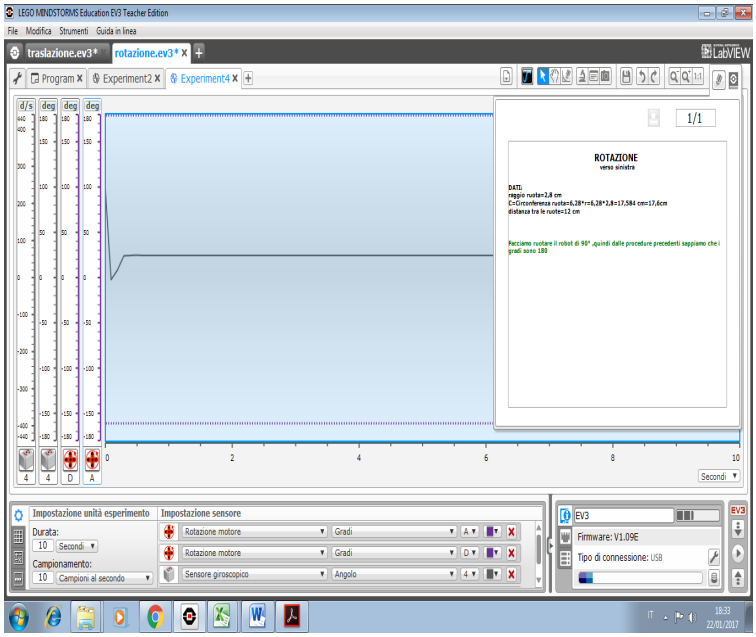
Abbiamo così eseguito una rotazione con centro il punto medio dell'asse delle ruote.

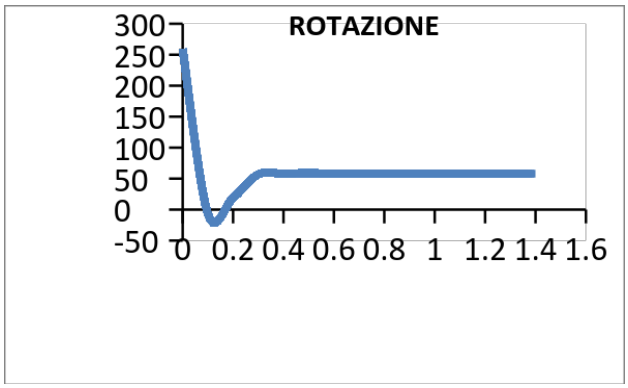
Seconda possibilità

Tenendo ferma una ruota, la distanza tra le ruote diventa il raggio della circonferenza descritta, mentre nel caso precedente rappresentava il diametro .

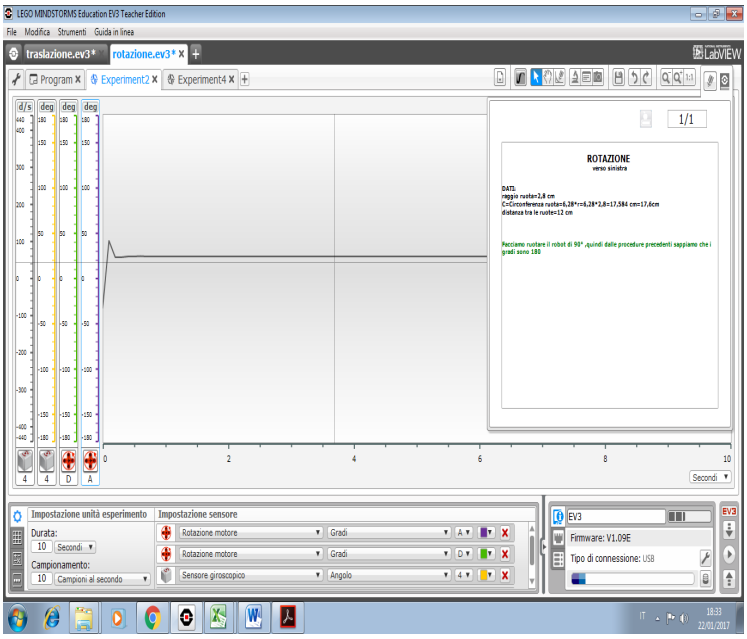
Abbiamo così eseguito una rotazione con centro la ruota sinistra. Utilizzando il data logging, tracciamo il grafico di una rotazione di 90° sia in senso orario che in senso antiorario:

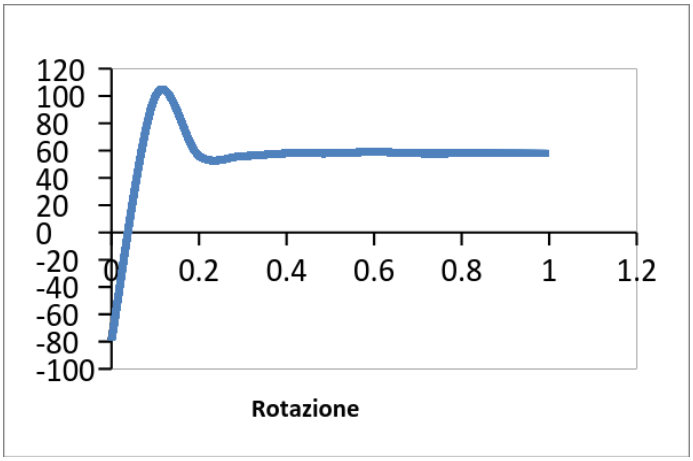
Nel primo caso il grafico sarà:





Nel secondo caso:





Dall'esperienza, abbiamo notato che il robottino si è spostato da un punto ad un altro e che non ha subito trasformazioni, infatti i punti allineati sono rimasti allineati, i lati hanno mantenuto la stessa lunghezza, gli angoli la stessa ampiezza, ecc.

Abbiamo ricavato i seguenti **invarianti per la rotazione:**

1. L'allineamento dei punti.
2. La lunghezza dei segmenti.
3. L'ampiezza degli angoli.
4. Il parallelismo.
5. L'orientamento dei punti nel piano.
6. Il rapporto tra segmenti.

Inoltre, abbiamo osservato che non esiste alcun punto del robot che mantiene la posizione iniziale dopo la rotazione ad eccezione del centro di rotazione (ruota) : per questo diciamo che **la rotazione**:

A. **ammette un unico punto unito: il centro della rotazione**;

B. **non ammette rette unite**.

Si è, poi, verificato che **la composizione di due rotazioni con lo stesso centro di rotazione è ancora una rotazione.**

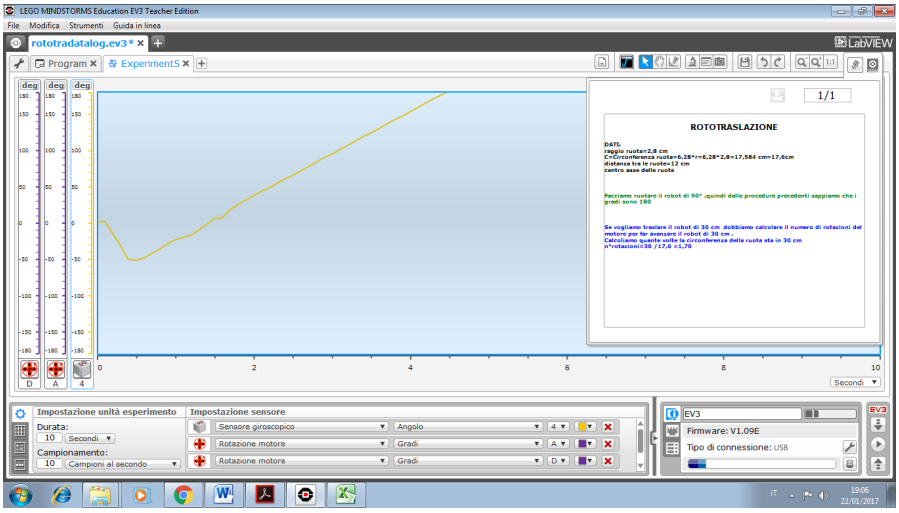
Facendo ruotare il robot prima di 90° e poi di 180°, abbiamo verificato che il robot assume la stessa posizione di quello programmato per una rotazione di 270°. Inoltre il robot assume la stessa posizione sia che si ruoti prima di 180°e poi di 90° o che si ruoti prima di 90 e poi di 180°.

ROTOTRASLAZIONE

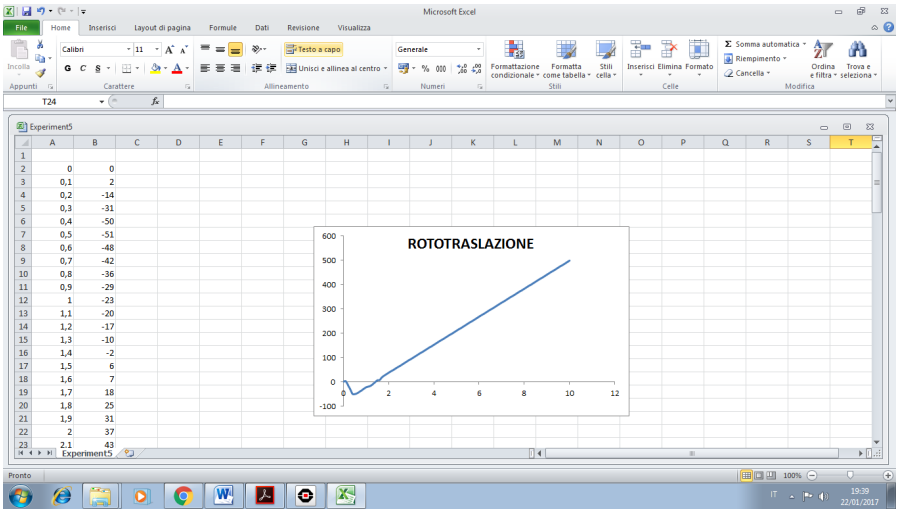
Componiamo ora una rotazione di 90°attorno al punto medio dell'asse delle ruote e una traslazione di vettore 30 cm

Se vogliamo raccogliere i dati relativi all'esperimento dobbiamo aprire il programma in modalità **experiment** ed aggiungere i blocchi *data logging*.

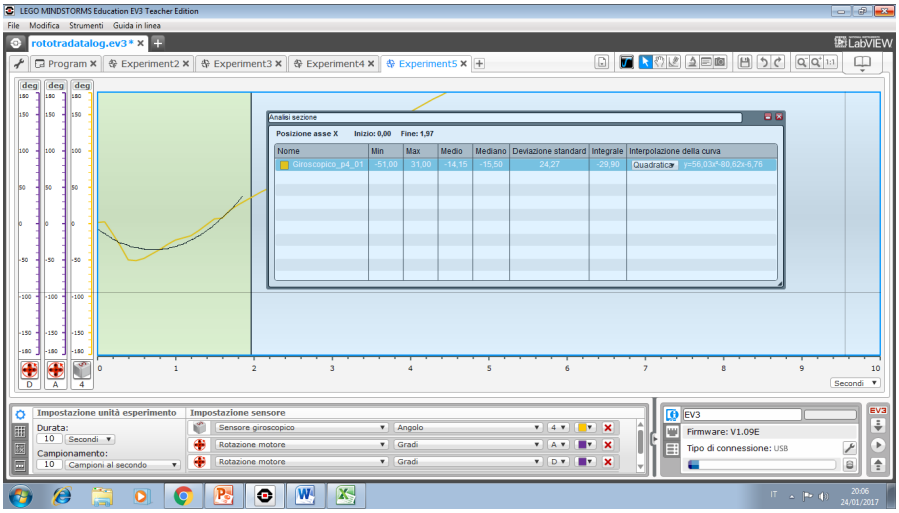
Si manda in esecuzione il programma e dalla barra del menù *Strumenti/Gestore file Data Log* si importano dal mattoncino i dati contenuti nel file *MYdata*.



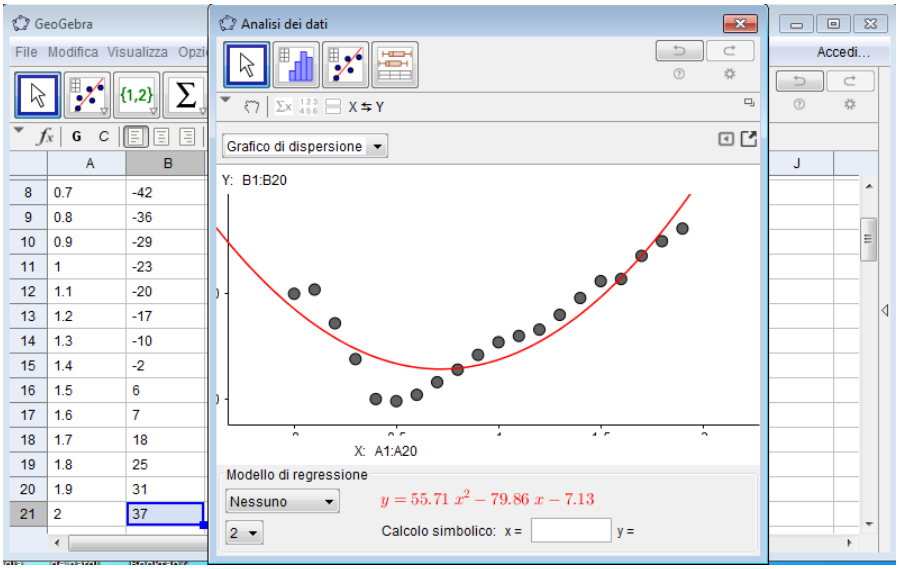
Dalla barra del menù *Strumenti/Esporta data set* si esportano i dati dell'esperimento su un foglio Excel. Si può quindi rappresentare l'esperienza con un **grafico a dispersione**:



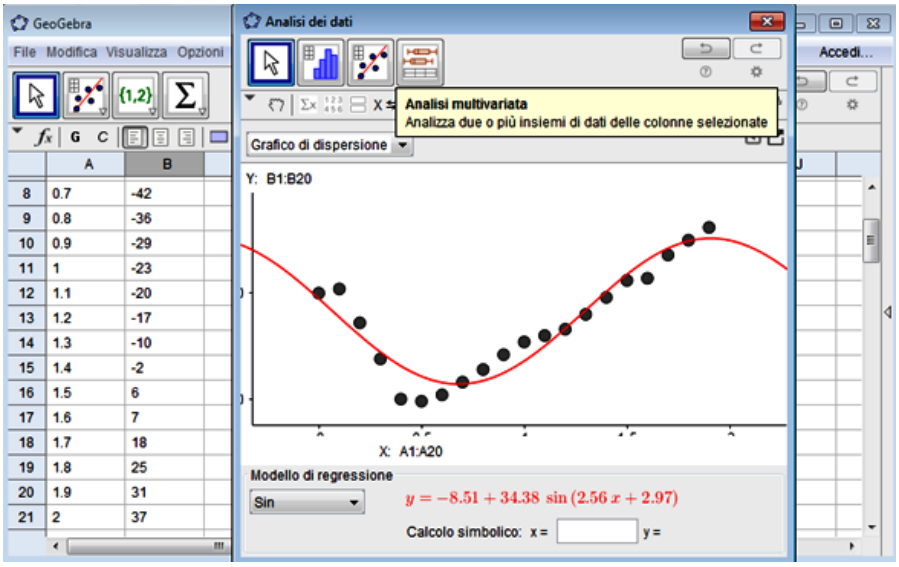
Possiamo ora attraverso lo strumento di analisi esaminare i dati o le previsioni di un esperimento. L'analisi può essere effettuata su un singolo punto (Analisi punto) o su una sezione di dati (Analisi sezione). Il programma calcola il valore minimo, il valore massimo, il valore intermedio, il valore mediano, la deviazione standard, l'area al di sotto della curva per ogni *dataset* della sezione e l'equazione di interpolazione della curva.



Interpoliamo la curva con un polinomio di II grado. Esso avrà equazione $y = 56{,}03x^2-80{,}62x-6{,}76$. Esportando i valori su GeoGebra, il polinomio di II grado che interpola la curva avrà equazione $y = 55{,}71x^2-79{,}86x-7{,}13$.



Possiamo notare che i polinomi di II grado che interpolano la curva hanno equazioni molto simili . Il software Geogebra permette di fare interpolazioni non solo lineari o quadratiche ma anche con funzioni trascendenti, infatti possiamo notare che:



La migliore interpolazione è quella di eq Y = -8.51+34.38 sen(2.56x+2,97).

Proviamo ora a far fare al robot prima una rotazione di 90°con centro di rotazione il punto medio dell'asse delle ruote e poi una traslazione di 30 cm come nell'esempio precedente, poi facciamo eseguire prima la traslazione di 30 cm e poi la rotazione di 90°. Dall'esperienza si nota che in questo caso è del tutto ininfluente l'ordine con cui si eseguono le due trasformazioni, il risultato ottenuto è lo stesso. Quindi, in questo caso, **la rototraslazione è commutativa**.

Conclusioni

Questa attività, attraverso la robotica educativa,ha contribuito a creare un ambiente di apprendimento innovativo, creativo e divertente che ha appassionato e coinvolto gli allievi, con molta soddisfazione del docente abituato a notare una diffusa passività nell'apprendimento della matematica, dovuta forse alla difficoltà degli studenti, ma spesso anche dei docenti di collegare le tematiche trattate dalla disciplina ai problemi del mondo reale, riducendo l'apprendimento all'acquisizione mnemonica di formule e procedure automatiche.

In questo caso, le allieve e gli allievi sono stati al centro del processo educativo, sono stati protagonisti del loro apprendimento, si sono confrontati, hanno discusso, comunicato e condiviso le loro idee. Il laboratorio didattico è stato il luogo in cui si è imparato insieme, progettando, facendo, costruendo, esplorando, scoprendo, rivedendo le proprie scelte, aggiustandole per migliorare i prodotti; lavorando contemporaneamente alla costruzione di oggetti, di processi di pensiero e di ragionamenti; imparando attraverso il fare (*learning by doing*) consapevole *(learning by thinking*) e collaborativo (*cooperative learning*).

Durante le varie fasi di lavoro, ho osservato come gli allievi riuscivano a mobilitare le competenze individuate a priori, come si organizzavano, come definivano le varie tappe per raggiungere gli obiettivi, come analizzavano le informazioni a disposizione e interpretavano le situazioni in base alle informazioni possedute, come operavano le scelte, come le argomentavano e accettavano di confrontarle con gli altri del gruppo ed eventualmente rivederle. In altri termini, erano entusiasti e la loro attenzione è

stata sempre viva per tutto il tempo dell'attività e anche gli studenti poco disponibili all'ascolto sono riusciti a raggiungere la competenza matematica.

L'autrice

Loriana Aiello
docente di matematica presso l'ITI"A.Monaco" di Cosenza, si interessa di nuove metodologie didattiche della matematica e di valutazione della scuola: autovalutazione, processi di miglioramento, rendicontazione e bilancio sociale.

@ aielloloriana@libero.it