

# 中華民國第 56 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

高級中等學校組 電腦與資訊學科

**最佳(鄉土)教材獎**

052503

**AI人工智慧與樂高積木之結合與應用**

學校名稱：國立臺南女子高級中學

|               |              |
|---------------|--------------|
| 作者：<br>高二 吳昀恬 | 指導老師：<br>黃信淳 |
|---------------|--------------|

關鍵詞：人工智慧、EV3、Game Theorem

# 摘要

Tic tac toe (井字棋)是大家童年時期常玩的小遊戲，本研究希望能以人工智慧的概念編寫出能在遊戲中立於不敗之地的程式，並將程式寫入 LEGO EV3 主機，利用 LEGO 積木打造出一台能與人對下井字棋的機器人。在研究的過程中先將井字棋遊戲可能出現的棋路一一列出，再從中找出中最適合的應對棋路，並在遊戲過程中利用顏色辨識零件去偵測對手下棋的位置。經過測試，它的確能夠在遊戲過程中立於不敗之地。未來希望能針對更加複雜的賽局，例如象棋、五子棋或 4\*4、5\*5 的方格等，設計出能從人手中輕易取勝的機器人。

## 壹、研究動機

小時候經常玩井字棋的遊戲，但總是無法理解其中的原理。長大後，因為好奇是否有必勝棋路而開始研究，並在偶然的機會下遇見一位對樂高頗有研究的老師，想要把樂高與井字棋做結合，於是我們就開始探討並研究如何將其互相結合。

## 貳、研究目的

希望以人工智慧的方式編寫出能在井字遊戲中立於不敗之地的程式，並設計樂高機器人將此程式實體化。

## 參、研究設備及器材

- 一、LEGO EV3 主機(圖一)、程式(圖六)
- 二、LEGO 馬達(圖二)(圖四)、顏色辨識零件(圖三)、紅外線接收器(圖五)、紅外線遙控器(圖五)、積木(圖七)(圖八)、卡榫零件(圖九)等
- 三、筆記型電腦(圖六)
- 四、紅、黃色圓球(圖十)



(圖一)



(圖二)



(圖三)



(圖四)



(圖五)



(圖六)



(圖七)



(圖八)



(圖九)

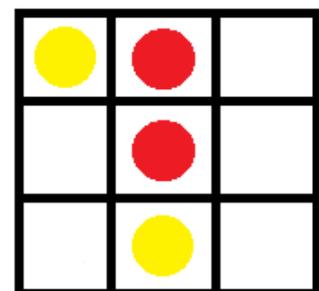


(圖十)

## 肆、研究過程或方法

### 一、遊戲規則

- (一)人類使用紅球，機器人使用黃球。
- (二)在一個九宮格的範圍之內，由遊戲雙方輪流放下棋子(圓球)。
- (三)先讓己方的棋子佔滿直排、橫排或對角線的一方獲勝，若最後雙方都無法達成連線則認定為和局。



## 二、運作方式

- (一)首先，人類可以決定先下或後下。
- (二)接著按下遙控器使機器人開始執行掃描並判斷其為先下或後下。
- (三)掃描完後便依先下或後下的程式執行。
- (四)與人依序下棋直至其中一方輸、贏或平手。
- (五)遊戲結束。

## 三、幻方 (魔方陣、magic square)

- (一)方格內任一直線、橫線、斜線上的三個數字，其總和必為 15。
- (二)總和為 15 的三個數字必在一直線上。

因此可利用下列兩種性質判斷棋盤上的狀態，以 15 減去人所下過的位置在幻方上的數字，來判斷機器人接續的棋步。

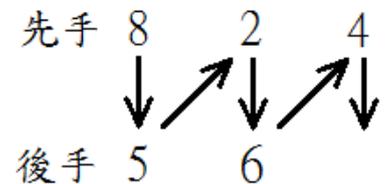
- 1、若所得數字大於等於 1 且小於等於 9，代表人類只差一步就會獲勝，因此機器人必須下此位置以阻擋人類獲勝。
- 2、若所得數字小於 1 或大於 9，代表目前的局面對機器人沒有威脅，因此機器人可以隨機下棋或是進攻。

|   |   |   |
|---|---|---|
| 4 | 9 | 2 |
| 3 | 5 | 7 |
| 8 | 1 | 6 |

### (三)幻方在數學遊戲上的意義

在 1~9 的九個數字中，兩個人依序挑選數字，數字不可重複挑選，在所挑選的數字中，最先使其中三個數字之總和為 15 者獲勝。

- 1、“後手”選擇 1 或 7 時，“先手”選擇 3 或 9 皆獲勝。
- 2、“後手”選擇 3 時，“先手”選擇 9 即獲勝。
- 3、“後手”選擇 9 時，“先手”選擇 3 即獲勝。

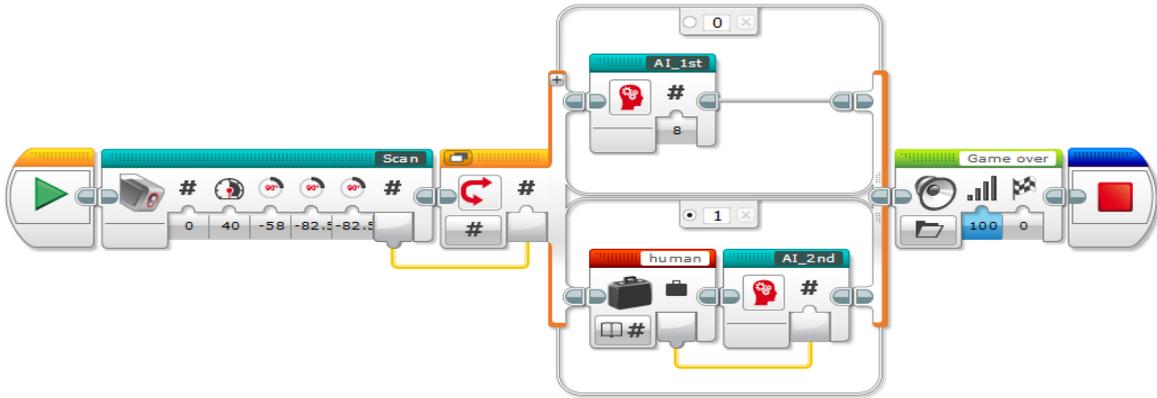


- (四)使用幻方撰寫進攻子程式、防守子程式。並在賽局即將和局時，使用隨機亂下子程式。

## 伍、研究結果

### 一、主程式

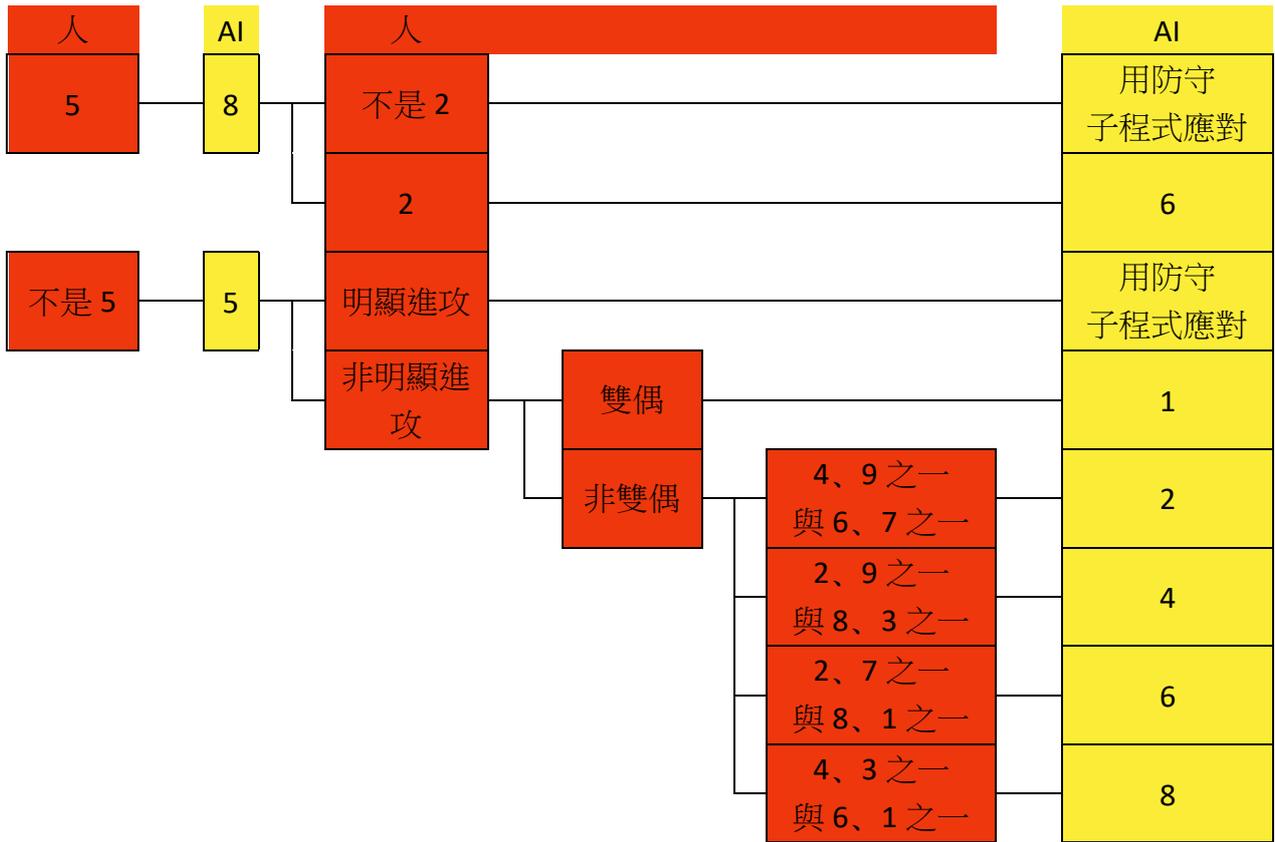
在第一次掃描(Scan)完後，依棋盤上是否有球判斷其為先下棋或是後下棋，並依先下 AI\_1st 或後下 AI\_2nd 的程式執行。在結束時會以” Game over” 聲音表示並停止程式。



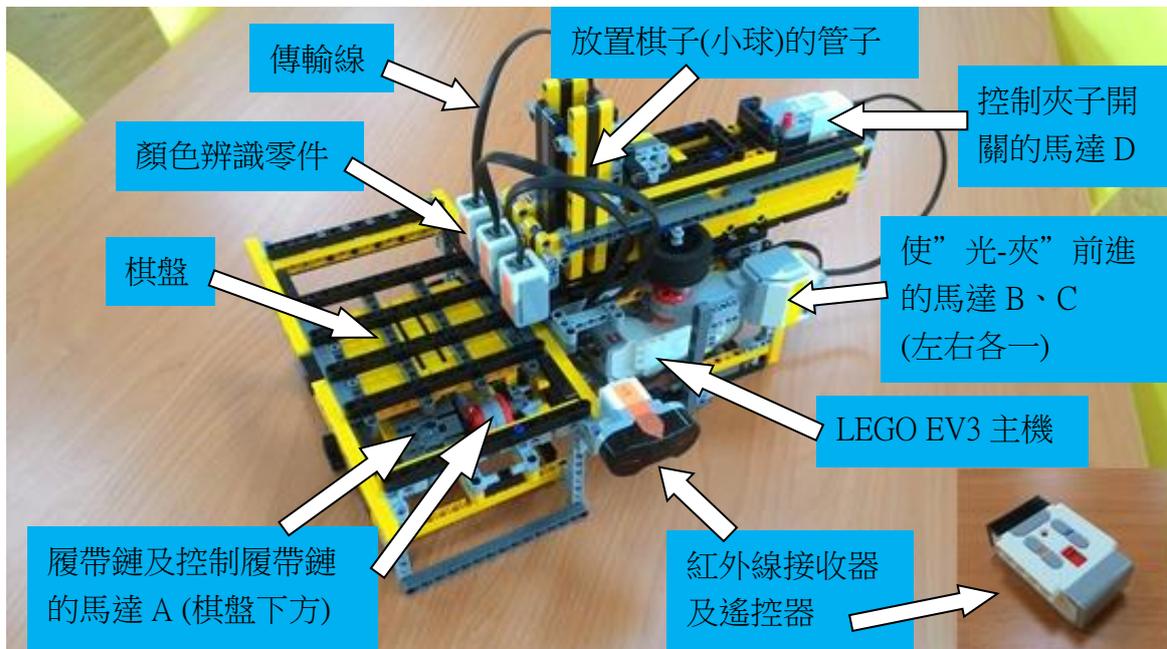
#### (一)AI\_1st 子程式邏輯樹

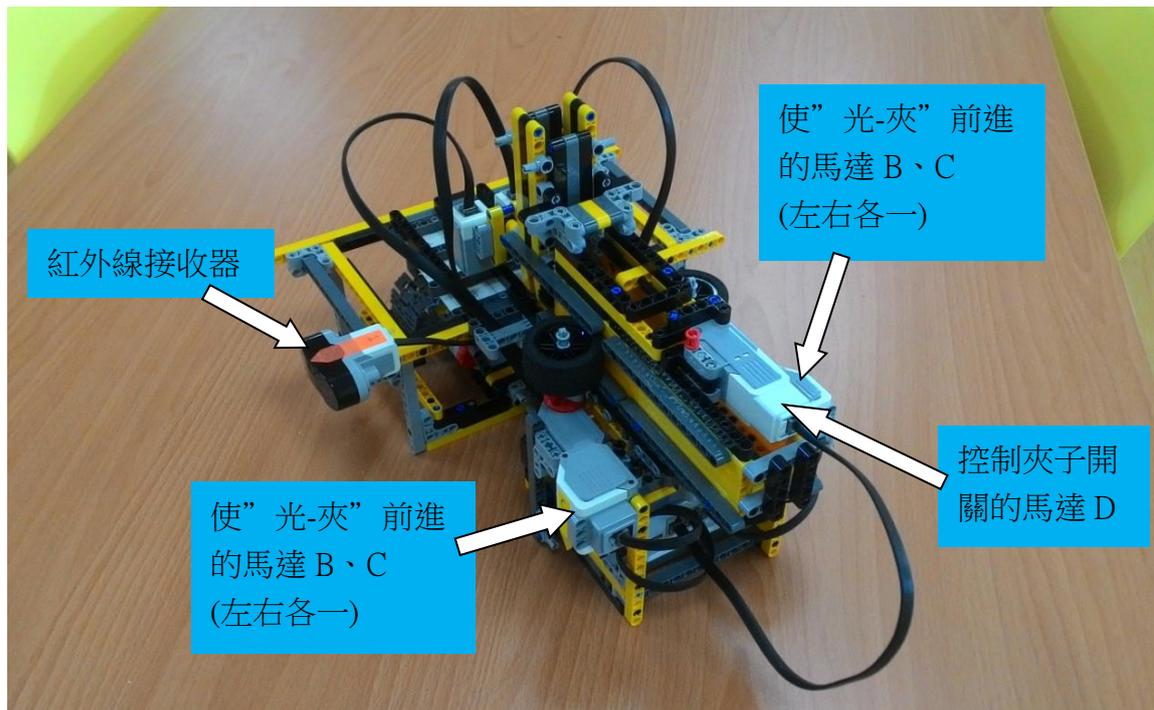


(二)AI\_2nd 子程式邏輯樹

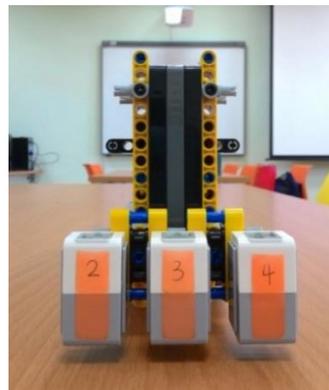


## 二、機器人及其架構





(一)顏色辨識零件及夾子(後面將這兩個簡稱“顏-夾”)



(顏色辨識零件上的數字為連接孔號碼，分別為 2、3、4)

### 1. 顏色辨識

一次辨識一橫排(三格)，總共辨識三次。

主要用來感應人類所下的棋子的位置，而機器人所下的位置本身就會記錄。

人類所使用的棋子為紅色的球，紅色在樂高程式中轉換成數字“5”。為了使機器人只有在感應到紅色時才執行程式，因此，我們以拉格朗日方程式

$f(a)=a*(a-1)*(a-2)*(a-3)*(a-4)*(6-a)*(7-a)$  表示。

- (1) 若感應出的顏色**非紅色**(即感應錯誤)，帶入拉格朗日方程式後會得到 0，且不執行任何指令。
- (2) 若感應出的顏色為**紅色**(即感應正確)，帶入拉格朗日方程式後會得到 240，為了使運算方便，因此會再除以 240，使得得到 “1”。
- (3) 接著再乘上其在幻方上位置的數字並儲存，以作為接下來攻擊或防守的判斷依據。

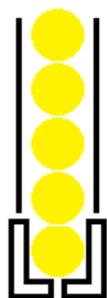
**完整的運算式： $a*(a-1)*(a-2)*(a-3)*(a-4)*(6-a)*(7-a)/240$**

下表為樂高程式中顏色與數字的對應，樂高能夠藉由顏色辨識零件辨識出顏色並將其轉換成數字。

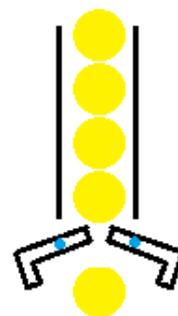
| 顏色   | 無 | 黑 | 藍 | 綠 | 黃 | 紅 | 白 | 棕 |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 對應數字 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

## 2. 夾子

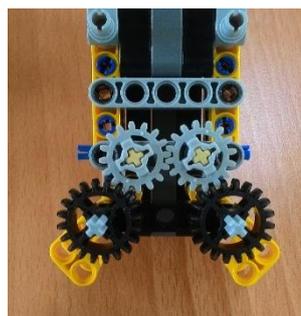
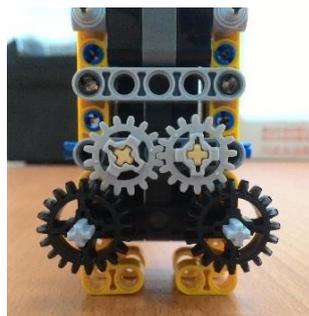
利用**偶數**個齒輪使左右兩個積木能同時開關。在打開時，使最下方的小球掉落，但同時也能夠阻止上方其他小球接續掉落，如下圖。



關

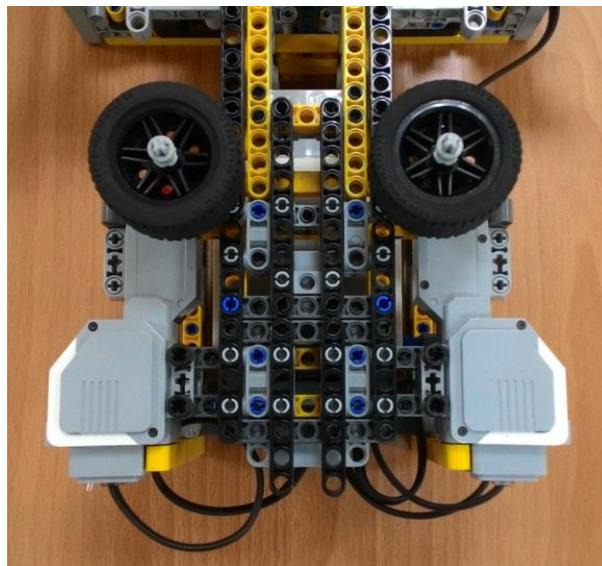
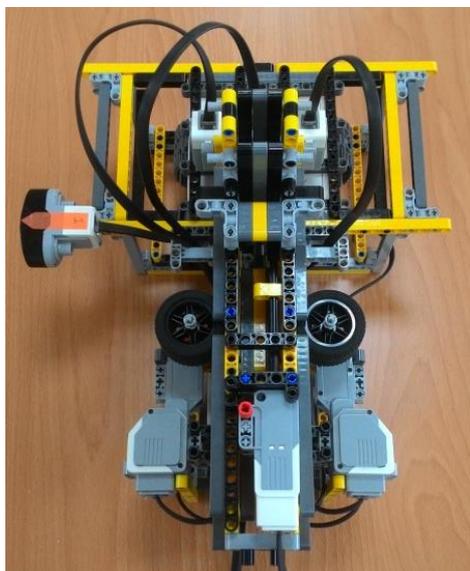


開



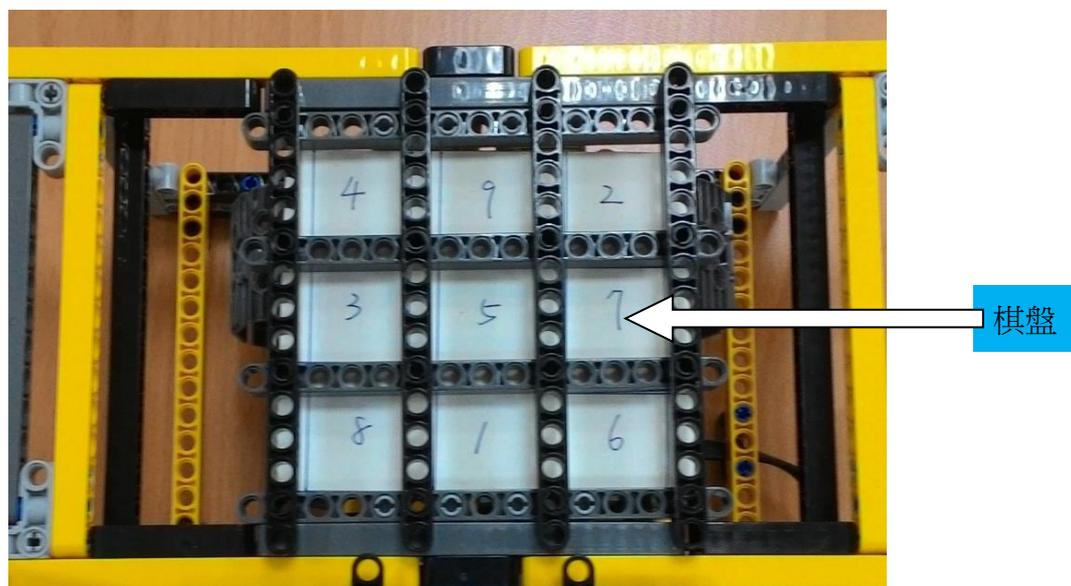
## (二)、使”顏-夾”前進、後退的 B、C 馬達及其構造

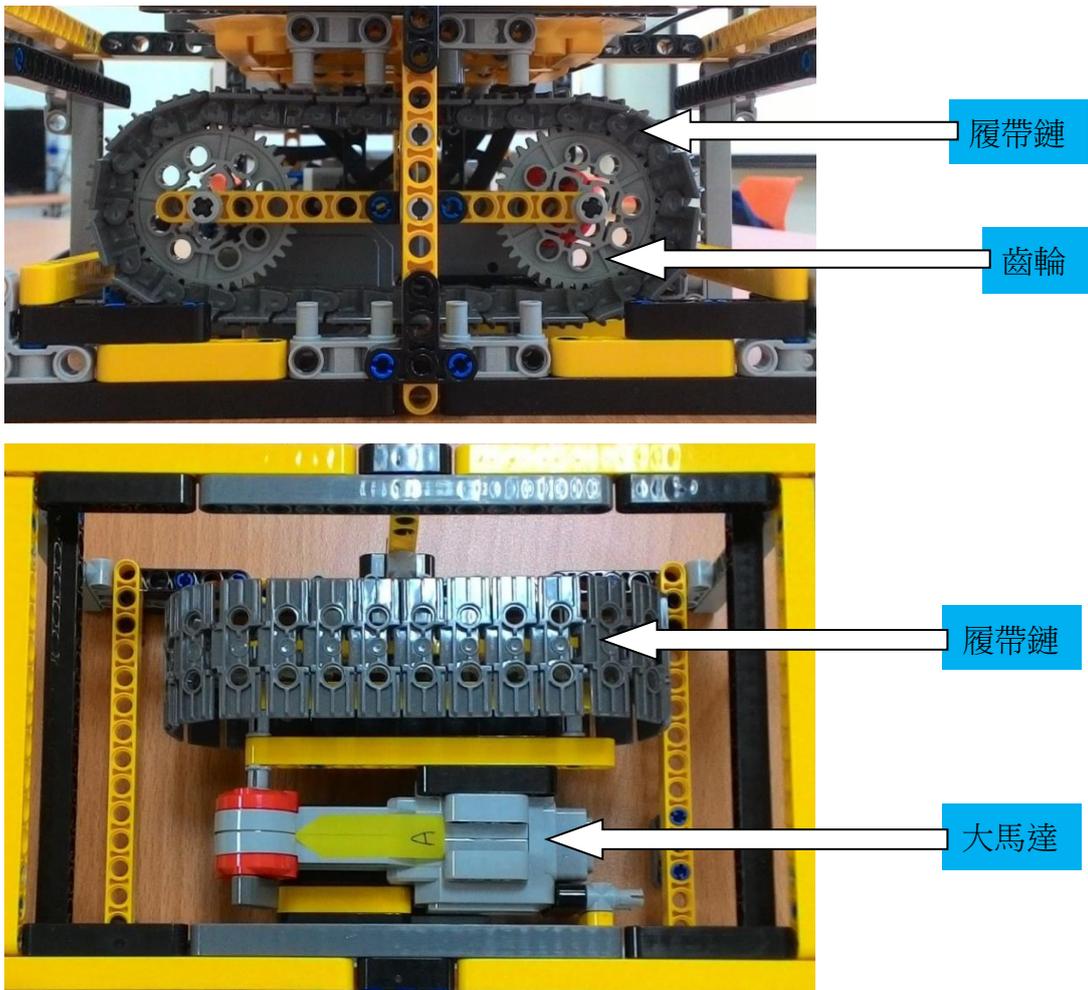
在 B、C 馬達上分別連接一個輪胎，當兩個馬達同步運轉時，利用輪胎的摩擦力，使”顏-夾”前進及後退。



## (三)、棋盤

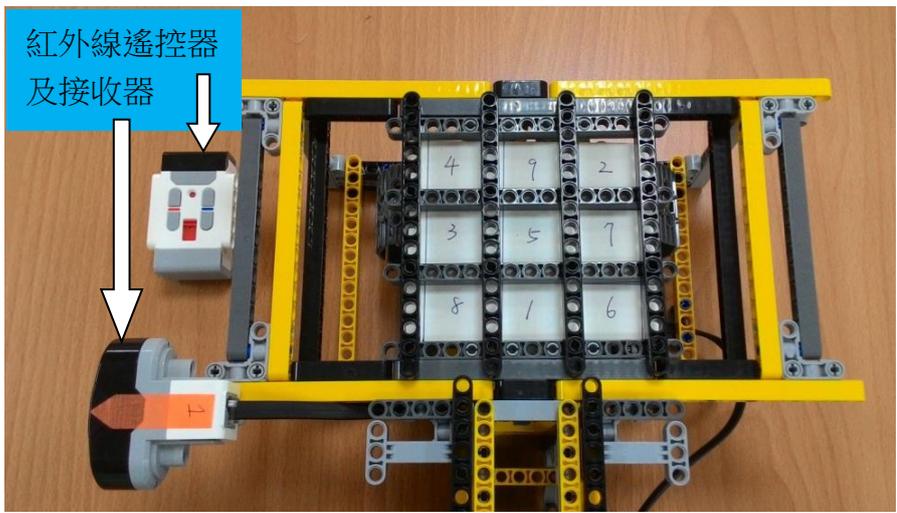
棋盤下方以一個大馬達連接齒輪，帶動履帶鏈，使固定在履帶鏈上的棋盤能跟著左右移動，以方便機器人下左右兩排位置(號碼 4、3、8、2、7、6)的棋子。





(四)、紅外線接收器及遙控器

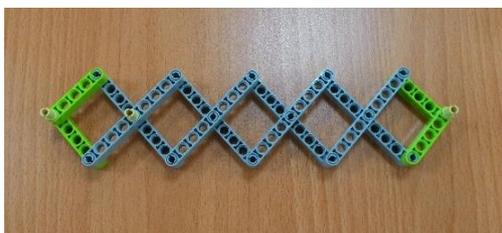
當人類下完棋子後，按下遙控器(即告知機器人換其下棋)，接收器收到後，機器  
人便開始執行顏色辨識及拉格朗日運算等動作，並下棋。



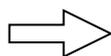
## 陸、討論

### 一、棋盤移動

原先使用可放大伸縮倍率的**伸縮彈簧**(圖十一)，但因誤差過大及放大倍率不足，無法順利推動棋盤到達準確位置，因此最後更改為**履帶鏈**(圖十二)，使之能準確地到達位置。



(圖十一)



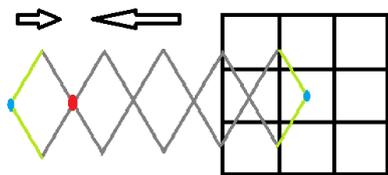
(圖十二)

#### (一)使用伸縮彈簧時棋盤的移動

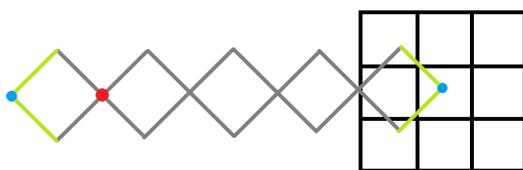
伸縮彈簧連接在棋盤正下方，以拉、推的方式移動棋盤。

(紅色點為固定點，藍色點為變動點)

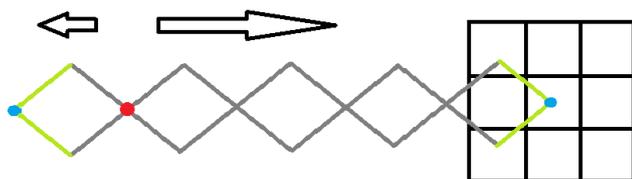
##### 1. 彈簧縮短，拉動棋盤



##### 2. 彈簧平衡



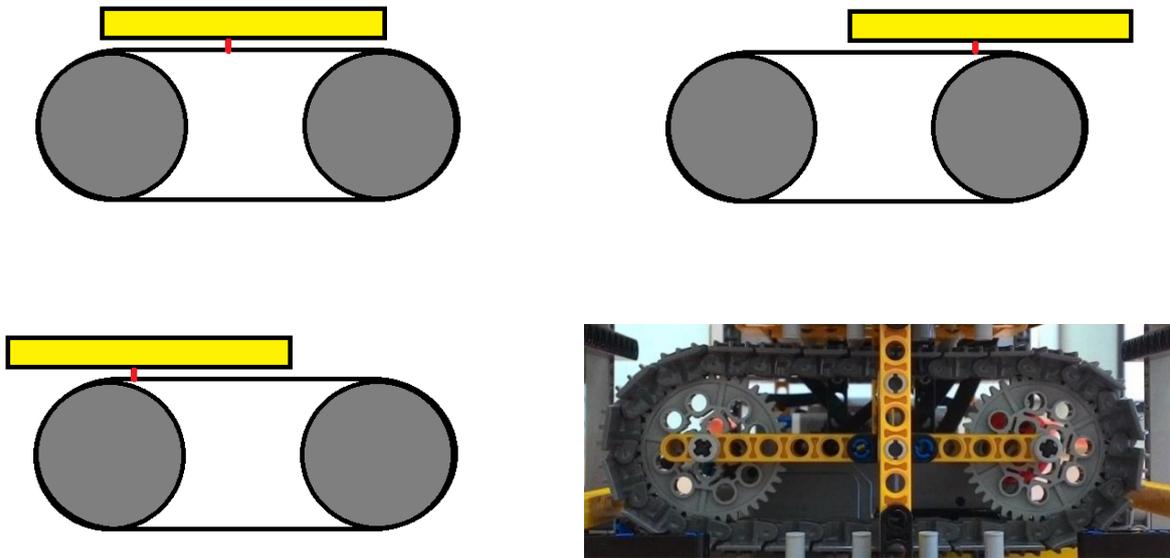
##### 3. 彈簧伸長，推動棋盤



## (二)使用履帶鏈時棋盤的移動

履帶鏈連接在棋盤下方，以齒輪帶動的方式移動棋盤。

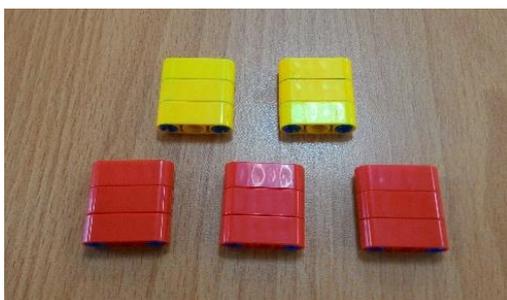
(紅色為棋盤與履帶鏈的連接點)



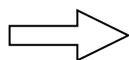
## 二、棋子

原先使用樂高積木組成的方棋(圖十三)，但是方棋不易準確掉入棋盤格內，且若未準確掉入，會在”顏-夾”移動時阻礙到顏色辨識零件的移動。因此，我們將方棋更改為圓球(圖十四)，即使有些微誤差也能夠利用圓球的特性，滾進棋盤格內，大幅地將低失誤率，使其不會影響到”顏-夾”的移動。

而人類必須使用紅色的球，是因為經過測試後，紅色為感應準確率最高的顏色。機器人使用的顏色則不拘，因為機器人所下的位置本身就會記錄。



(圖十三)



(圖十四)

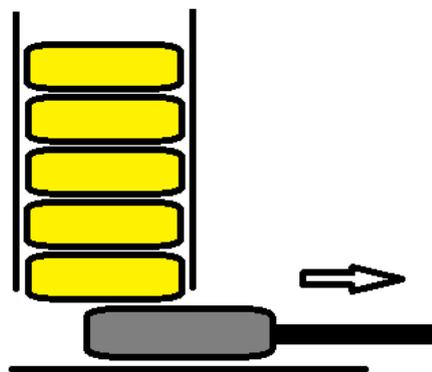
(一)方棋推動

原先使用方棋時，是以推動的方式放置棋子。

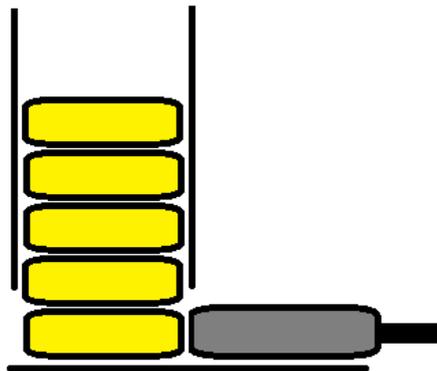
1.



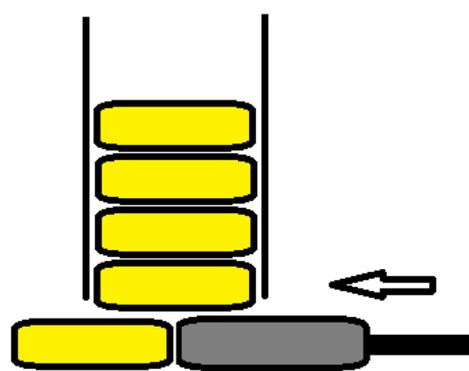
2.



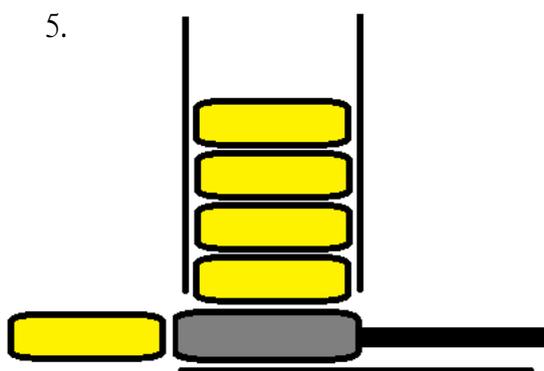
3.



4.



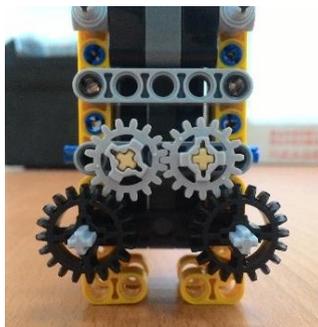
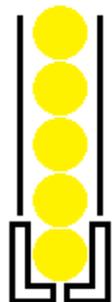
5.



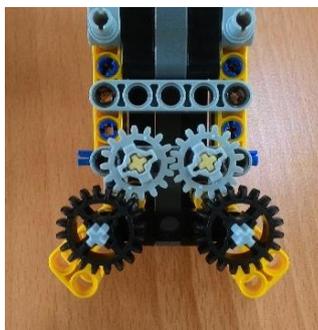
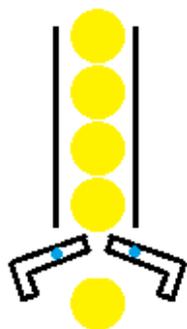
## (二)圓球夾子

圓球是以夾子開關的方式放置。

1. 關



2. 開



## 柒、結論

一、經過研究後，樂高機器人確實能和人工智慧結合。

二、發現紅色為樂高顏色辨識中，準確率最高的顏色。當顏色辨識零件距離大紅球的高度為 3 格樂高時，可以辨識，且準確率有 90% 以上。測試結果如下表。

| 顏色           | LEGO Number | 顏色辨識零件<br>至球底部的高度： |               |               | 備註                                       | 結果  |
|--------------|-------------|--------------------|---------------|---------------|--|-----|
|              |             | 3 格樂高              | 4 格樂高         | 5 格樂高         |  |     |
| 大-黑色         | 1           | 無法辨識               | 不測量           | 不測量           | 辨識準確率過低                                  | 不採用 |
| 大-紫色         | 2           | 有時可辨識<br>有時不可      | 不測量           | 不測量           | 辨識準確率大約只有 50%                            | 不採用 |
| 大-深藍色        | 2           | 無法辨識               | 不測量           | 不測量           | 辨識準確率過低                                  | 不採用 |
| 大-黃色<br>(六孔) | 4           | 有時可辨識<br>有時不可      | 不測量           | 不測量           | 辨識準確率大約只有 50%                            | 不採用 |
| 大-黃色<br>(兩孔) | 4           | 有時可辨識<br>有時不可      | 不測量           | 不測量           | 辨識準確率大約只有 50%                            | 不採用 |
| 小-綠色         | 3           | 可以辨識               | 不測量           | 不測量           | 若顏色辨識零件距離球的高度為 3 格樂高時，可以辨識，但是球太小，容易感應不到  | 不採用 |
| 小-紅色         | 5           | 可以辨識               | 不測量           | 不測量           | 若顏色辨識零件距離球的高度為 3 格樂高時，可以辨識，但是球太小，容易感應不到  | 不採用 |
| 大-淺藍色        | 2           | 可以辨識               | 可以辨識          | 無法辨識          | 可以辨識，且準確率有 90% 以上，但球只有四顆，不夠用(至少需五顆)      | 不採用 |
| 大-紅色         | 5           | 可以辨識               | 有時可辨識<br>有時不可 | 有時可辨識<br>有時不可 | 若顏色辨識零件距離球的高度為 3 格樂高時，則可以辨識，且準確率有 90% 以上 | 採用  |

## 捌、參考資料及其他

一、小淳 EV3 程式集

二、輔大 C 語言課程講義

三、資研社 C-程式設計

四、維基百科

(一)[https://en.wikipedia.org/wiki/Magic\\_square](https://en.wikipedia.org/wiki/Magic_square)

(二)<https://en.wikipedia.org/wiki/Tic-tac-toe>

(三)<http://www.mathland.idv.tw/solveTieTacToe.html>

## 【評語】 052503

1. 作品富教育意涵，可用以訓練小小學生邏輯思考能力。
2. 作品雖有人工智慧機制，但由於實作成果僅限 3×3 板面，無法突顯人工智慧特色，建議可放寬遊戲大小限制，並加入更多人工智慧演算法則。
3. 球面顏色判斷目前僅限兩種顏色較為準確，建議改善影像色彩辨識功能，以增加作品實用性。