

【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 成果報告表單

題目名稱：馬克夫鏈的廚餘之旅
一、摘要：
本研究因應國際吹起一股環保風，擬定這項「鳳甲無餘」的計劃，以期讓鳳甲邁向「零廚餘」的理想狀態。根據轉移矩陣及馬克夫鏈最終會趨於穩定的理論，預估出未來喜愛麵食或飯食、湯類或乾類的學生人數比例，依據此比例調整營養午餐菜單，成功減少大量廚餘量。
二、探究題目與動機
我們在網站上找到了一個倒水問題可利用二階矩陣表示，且經過 n 次重複操作後，發現 n 越大，則瓶中剩餘的水量會逐漸趨於一穩定狀態，這結果令我們驚嘆不已！老師說這是馬可夫鏈，這理論可應用的領域相當廣泛，甚至在近年來很熱門的大數據分析及預測中也用的到。經由老師提點我們興致勃勃地搜尋了些馬克夫鏈相關資料，例如運用於田野調查可幫助政府預估土地的開發及利用率，應用在公共腳踏車租賃站狀態可預測未來使用狀況提高腳踏車系統的轉換率等等，我們對此保持高度興趣想做些相關的研究。一次聊天中和同學談到，每次抬餐桶總是要倒掉許多廚餘不免覺得浪費，具有環保意識的我們很想為地球做點努力，所以引出了下列發想：如果對全校學生作喜愛菜色的預估，是否可以大大減少廚餘量呢？
三、探究目的與假設
我們想利用轉移矩陣來計算並預估未來每週三營養午餐喜愛吃麵食或飯食、湯類或乾類的人數比例，試試看是否能藉由馬克夫鏈計算出的穩定比例調整午餐菜單，盡量減少學校廚餘，阻止食物浪費呢？
四、探究方法與驗證步驟
1.實驗計畫啟動之前奏
(1)我們設計了主題問卷並入班說明，解釋此問卷之動機及目的
各位同學們大家好： 因應國際吹起一股環保風，我們也想為地球盡些心力！於是擬定這項「鳳甲無餘」的計劃，以期讓鳳甲邁向「零廚餘」的理想狀態。根據轉移矩陣及馬克夫鏈最終會趨於穩定的理論，我們設計了下列的問卷，而您的據實回答將是我們啟動此計劃的關鍵！懇請您的協助更衷心感謝您的支持，最後敬祝萬事如意！

1.請問您在週三時最喜歡的食物是什麼?請選取兩者中之一

a.麵食 飯食 b. 湯類 乾類

2.請在下面表格中，填入真實的想法

下週 \ 本週	麵食	飯食
麵食		
飯食		

3.請在下面表格中，填入真實的想法

下週 \ 本週	湯類	乾類
湯類		
乾類		

**以下為舉例：海鮮湯飯是:{飯食、湯類} 炒麵、粿條是:{麵食、乾類}

炒飯、燴飯、油飯、咖哩豬肉飯是:{飯食、乾類}

紅燒豬肉麵、鍋燒麵是:{麵食、湯類}

※本問卷到此結束，非常感謝各位同學的配合※

(2)統計出 109 年 9 月~110 年 1 月營養午餐周三的主食種類比例

麵食：飯食 = 10：11

湯類：乾類 = 8：13

2.實驗計畫啟動之主旋律

(1)我們將問卷統計出的結果化為轉移矩陣，利用馬克夫鏈之結論進行運算，計算出

『麵食：飯食 = 1：1』、『湯類：乾類 = 17：20 幾近於 1：1』

令穩定狀態時麵食和飯食比例為 x_1 和 y_1

$$\begin{pmatrix} 0.23 & 0.76 \\ 0.77 & 0.24 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix}, \text{ 則 } x_1 : y_1 = 1 : 1$$

令穩定狀態時麵食和飯食比例為 x_2 和 y_2

$$\begin{pmatrix} 0.54 & 0.50 \\ 0.46 & 0.50 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \end{bmatrix}, \text{ 則 } x_2 : y_2 = 17 : 20 \text{ 幾近於 } 1 : 1$$

(2)營養師阿姨依據計算出的結論，按比例調整今年3月午餐主菜菜色

	飯食	麵食	湯類	乾類
3/3 火腿蛋炒飯	1			1
3/10 海鮮拉麵		1	1	
3/17 蕃茄蔬菜麵		1	1	
3/24 咖哩豬肉飯	1			1
總計	2	2	2	2
比例	1	1	1	1

3.實驗計畫之插曲

(1)上學期進行連續三週的週三 109 年 12/30、110 年 1/6 和 1/13 『全二年級』主菜廚餘量測，但每次皆未能量測到全數班級，總是缺了少數班級的廚餘資料，本來預計做出全年級的班級平均廚餘量定會失去其公信力。(廚餘平均已扣除空餐桶重)

班級	12 月 30 日紅燒豬肉麵			1 月 6 日紅燒豬肉麵			1 月 13 日咖哩豬肉飯	
	麵	湯	湯	麵	湯	湯	飯	咖哩
1		8.56	2.52	5.44	4.92	3.92	4.44	3.86
2	5.82	4.06	2.72	3.78	4.14		3.74	3.82
3				4.62	2.68		4.06	3.32
4		2.66	4.08		4.32	3.74		4.66
5		7.44	2.52	3.64	4.16	3.82	3.58	3.98
6	4.54	2.68		3.7	3.24	3.64	3.62	
7	4.46	2.72	6	5.44	4.78	5.76	5.2	5.56
8		4.7	4.88	5	4.6	4.1	4.06	
9				4	4.06	3.14	4.7	3.28
10		3.52	3.22	3.54	3.16		3.7	
11		3.28	2.72	3.84	2.88	3.48	3.52	
12		2.7	3.5	4.12	2.58	2.94	4.12	
13	4.2	3.3			3.6	3.54	3.58	2.6
14				4.6	4.08	3.5	3.64	
15	4.08	2.68	3.54	5.54	3.4	4.18	3.56	2.94
16		3.6		5.36	2.94		4.3	
17				4.32	4.34	4.28	5.56	
廚餘平均	1.12	1.492308	1.07	0.9627	1.2576	1.3492	0.58625	1.28
每班平均廚餘		3.6823			3.5695		1.8663	

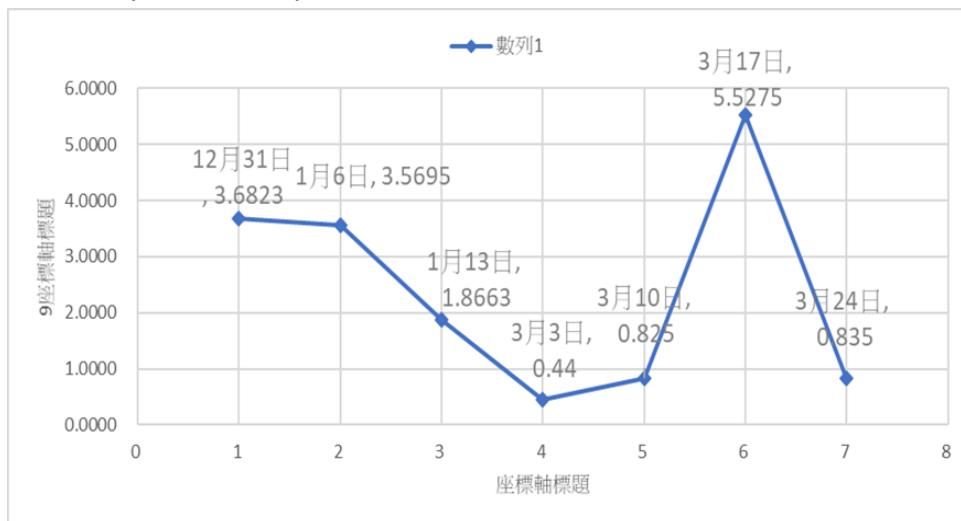
(2)即刻討論修正為這學期 3 月只量測『四個班級』，並定時通知班級抬餐同學，約定好量測廚餘地點及時間，終於順利完成測量工作。(廚餘平均已扣除空餐桶重)

	3月3日蛋炒飯	3月10日海鮮湯麵		3月17日番茄麵疙瘩		3月24日咖哩豬肉飯			
班級	炒飯	湯	湯	麵	麵	湯	湯	飯	咖哩
5	3.54	2.86	2.54	3.52	3.52	3.44	3.68	3.6	2.6
6	3.56	2.76	3.2	3.52	3.56	4.32	4.14	3.52	2.94
7	5.14	3.1	2.6	4.62	7.86	7.3	6.83	3.56	2.88
9	3.52	2.52	2.52	3.54	3.52	3.58	4.36	4.6	3.64
廚餘平均	0.44	0.31	0.215	0.3	1.115	2.16	2.2525	0.32	0.515
每班平均廚餘	0.44		0.825			5.5275		0.835	

4.實驗計畫之副歌

(1)連續 3 周的週三 109 年 12/30、110 年 1/6 和 1/13 為「原始菜單」，今年 3 月連續四周的週三 3/3、3/10、3/17 和 3/24 為依馬克夫鏈理論最終趨近於穩定狀態比例「調整後的菜單」。

(2)上學期 3 周「原始菜單」和這學期 4 周「調整後的菜單」週三每班平均廚餘量之比較折線圖(單位為公斤)



(3)從上表可分析出：

(一)依據穩定狀態下的比例調整後的今年 3 月「調整後的菜單」產生的廚餘量明顯較「原始菜單」減少，除了 3/17。

(二)針對 3/17 廚餘量過多，我們進行了調查，發現了以下原因

甲：7 班當日缺席人數高達 5 人，且當日第二節為家政課，該節做了炒飯和濃湯

乙：午餐中心給予各班的麵疙瘩較一般白麵重

丙：番茄麵疙瘩為新菜色，樣似番茄蛋花湯麵，不符期待也不太合學生胃口

(三) 甲：「原始菜單」109 年 12/30、110 年 1/6 和 1/13 每班平均廚餘重為 3.0394 公斤

乙：「調整後的菜單」110 年 3/3、3/10、3/17 和 3/24 每班平均廚餘重為 1.9069 公斤

丙：不納入 3/17 的資料值，「調整後的菜單」110 年 3/3、3/10、3/24 每班平均廚餘重為 0.7 公斤

(四) 上述(三)中的乙比甲每班減少廚餘量 1.3970 公斤，丙比甲每班減少 2.394 公斤

五、結論與生活應用

1. 實驗結果雖然符合預期令人振奮，但過程中我們發現有許多變數是無法精確掌控的：
 - (1)廚房供給的量每班不盡相同
 - (2)每班人數皆為 28 人但出缺席人數皆不同
 - (3)班級若中餐前有煮食活動會嚴重影響廚餘量
 - (4)經訪談營養師阿姨才知道規劃午餐菜色也要考量成本，麵食成本高於飯食，因為白米有農糧署的經費補助，白麵則無；廚工阿姨說湯類烹調時間長，乾類烹調時間短，也會是菜色考量的因素之一
2. 新菜色的出現若造成廚餘量較平日多，可供營養師參考不排入往後的菜單
3. 此實驗結論可供營養師參考，以利未來安排午餐菜單，減少大量廚餘
4. 時間有限所以量測周數不夠多，若拉長實驗時間收集大量數據，結論定能更具參考價值

參考資料

- [1]戲說數學，2014，非想非非想網站
- [2]左宏昌，2016，公共自行車租賃站狀態應用馬克夫鏈模型之大數據預測，
<https://csie.npu.edu.tw/joomla/Seminar/15/15/paper/c1-05.pdf>
- [3]高中數學第四冊數甲，2020，龍騰文化出版社