

Đánh giá thiết bị y sinh

Trần Dương Việt Hoàng[†] Bùi Minh Kiệt[‡] Hà Nhật Nam[§]

.....

TỔNG QUAN

Trong những năm gần đây, ngành Kỹ thuật Y Sinh đã và đang có những bước tiến Khoa quan trọng. Chính tính chất quan trọng của nó đã sinh ra những quy định rõ ràng về mặt kỹ thuật đối với một thiết bị, cũng như sự cạnh tranh trên thị trường giữa nhiều thiết bị y sinh khác nhau. Vì vậy, việc đánh giá và đưa ra kế hoạch đối với một dự án y sinh là thiết yếu, đặc biệt đối với một đất nước còn đang tập trung phát triển khoa học công nghệ như Việt Nam.

Bài viết này sẽ tập trung giải quyết vấn đề đó, bằng việc sử dụng các công cụ Toán học xây dựng nhưng mô hình thích hợp đánh giá thiết bị y sinh, mà cụ thể ở đây là máy niệu gia ký, trên nhiều yếu tố khác nhau.

Đầu tiên, bài viết tập trung xây dựng phương pháp đánh giá độ chính xác cũng như độ nhiễu của máy dựa trên số đo thu được trong quá trình thử nghiệm. Sau đó, bài viết chuyển hướng đến việc so sánh mức độ hiệu quả của thiết bị với một thiết bị làm chuẩn khác, với ý tưởng là phương pháp chấm điểm Bland-Altman.

Đi cùng với mức độ chính xác, mức độ tin cậy trong việc giúp đỡ các bác sĩ chẩn đoán tình trạng sức khỏe cũng là một yếu tố quan trọng. Áp dụng logic của phương pháp suy luận Bayes, chúng tôi xây dựng một công thức cơ bản để đặc trưng cho mức độ tin cậy đó từ số liệu thu thập.

Một yếu tố khác ảnh hưởng đến quá trình sản xuất thiết bị là đưa ra quyết định đối với dự án. Bài viết đề xuất một phương pháp cơ bản cho mô hình quyết định là sử dụng chuỗi Markov, kết hợp yếu tố kinh tế để tính toán giá trị kỳ vọng của mỗi quyết định, từ đó giúp nhà sản xuất đưa ra quyết định chính xác.

Yếu tố cuối cùng là kinh tế. Dựa trên mô hình kinh tế lý tưởng, yếu tố tâm lý khách hàng và các yếu tố cạnh tranh, bài viết đưa ra hướng tiếp cận thị trường trên lý thuyết mô hình lý tưởng, từ đó đưa ra dự đoán về tỉ phần của thị trường mà doanh nghiệp có thể chiếm được. Đây là một yếu tố quan trọng giúp nhà sản xuất đưa ra quyết định đối với thiết bị được đánh giá trong tương lai về mặt thương mại.

Cuối cùng, bài viết đề xuất ra một phương pháp kết hợp các yếu tố đánh giá để đưa ra một chuẩn cuối cùng cho thiết bị. Đây mới chỉ là phương pháp đề nghị, đòi hỏi nhiều thời gian và tính toán để đưa ra số liệu hợp lý nhất.

Các tác giả kết thúc mô hình bằng những lời đánh giá phương pháp đã đề ra, cùng với lời tổng kết và hẹn gặp.

[†]Trường Phổ Thông Năng Khiêu, ĐHQG TP.HCM

[‡]Trường Phổ Thông Năng Khiêu, ĐHQG TP.HCM

[§]Trường THPT Gia Định

Contents	PAGE
1 Đặt vấn đề	3
2 Mô hình đánh giá về hiệu quả kỹ thuật	3
2.1 Mô hình 1: Đánh giá sai số trong phép đo	4
2.2 Mô hình 2: Đánh giá độ hiệu quả so với thiết bị tương tự bằng phương pháp chấm điểm Bland-Altman.	5
2.3 Mô hình 3: Đánh giá hiệu quả của thiết bị trong việc chẩn đoán bệnh	8
2.4 Mô hình 4: Đánh giá quyết định về mặt kỹ thuật đối với thiết bị	9
3 Đánh giá mô hình kinh tế	11
3.1 Bước 1	11
3.2 Bước 2	12
3.2.1 Hướng tiếp cận 1	12
3.2.2 Hướng tiếp cận 2	13
4 Mở rộng: một mô hình đánh giá chung cho thiết bị	15
4.1 Giả sử	15
4.2 Mô hình tính điểm	15
5 Kết luận	16
6 Phụ lục	17
6.1 Phụ lục 1: Thuật toán khử nhiễu trong đo đạc và vẽ đồ thị Q theo t	17
6.2 Phụ lục 2: Thông số tham khảo	19

Lời cảm ơn

Lời đầu tiên, chúng tôi xin chân thành cảm ơn Ban tổ chức PiMA đã tổ chức chương trình trại hè Toán Mô hình và Ứng dụng 2017, thực hiện bài giảng, giúp truyền đạt và mở mang những kiến thức tốt đẹp cho các thế hệ học sinh cũng như làm sâu đậm tình yêu của mỗi người với khoa học. Chúng tôi cũng xin cảm ơn Trường Đại học Quốc tế vì đã cung cấp một môi trường học tập và làm việc thuận lợi nhất cho nhóm. Cảm ơn sự hướng dẫn nhiệt tình, hăng say và đáng trân trọng của anh Vũ Lê Thế Anh, anh Hoàng Văn Thiên. Ngoài ra, nhóm thực hiện cũng chân thành cảm ơn sự trợ giúp về mặt tư liệu từ thầy Võ Văn Tới, anh Nguyễn Lê Ý, chị Quách Mai Bội và các thầy cô, sinh viên bộ môn Kỹ thuật Y sinh đến từ Trường Đại học Quốc tế – Đại học Quốc gia TP. HCM.

1. Đặt vấn đề

Ngành kỹ thuật y sinh, cụ thể hơn là việc sản xuất và thiết kế các thiết bị y sinh, đang là một chuyên ngành quan trọng trong sự phát triển của khoa học kỹ thuật Việt Nam nhằm nâng cao đời sống của người dân khắp mọi miền đất nước.

Chúng ta hãy lấy một ví dụ tiêu biểu. Hiện nay trên đất nước có rất nhiều người già, do nhiều yếu tố tuổi tác mà việc đi tiểu tiện gặp khó khăn, ảnh hưởng lâu dài tới sức khỏe. Từ đó, nhu cầu cần có một thiết bị theo dõi việc đi tiểu của bệnh nhân, vừa để bác sĩ có thể chẩn đoán chính xác, vừa giúp bệnh nhân hiểu được tình trạng bệnh của mình. Chính vì thế, một thiết bị y sinh mới mẻ đã được nghiên cứu bởi những kỹ sư y sinh Việt Nam - máy Niệu gia ký, theo dõi lưu lượng nước tiểu của bệnh nhân theo thời gian. Đây hứa hẹn sẽ là một bước đột phá mới mẻ với ngành công nghệ y sinh ở nước ta.

Tuy nhiên, với mọi thiết bị y sinh, trước khi được sản xuất trên quy mô lớn và bán trên thị trường đều cần phải được xem xét, đánh giá và định lượng, trên cả góc độ khoa học cũng như góc độ thương mại để có thể được thông qua và tiến hành. Đặc biệt, với những sản phẩm mới trong thị trường như máy Niệu gia ký, việc làm này lại càng cần thiết, cơ bản là do thiếu các sản phẩm tương tự cũng như chuẩn đánh giá tham khảo giúp chúng ta định hình giá trị của máy.

Bài toán đặt ra là cần tìm một phương pháp đánh giá độ hiệu quả và tính khả thi của thiết bị đó, dựa trên các dữ liệu khảo sát thực tế, sai số trong thử nghiệm, tương quan so với các thiết bị tương tự, và các yếu tố lợi nhuận cũng như rủi ro. Chúng tôi sẽ xây dựng một số mô hình về kỹ thuật và kinh tế để đưa ra các quyết định đối với thiết bị, và áp dụng mô hình này vào máy Niệu gia ký.

2. Mô hình đánh giá về hiệu quả kỹ thuật

Giả thiết

- Những người tham gia đã được uống từ 500ml cho tới 1l nước lọc.
- Không đi vệ sinh trong khoảng 3 - 4h.
- Khối lượng riêng của nước bằng với khối lượng riêng của nước tiểu (1g/ml).
- Lực ma sát giữa nước và thành bình là không đáng kể.

Các đại lượng và kí hiệu

Tất cả các mô hình dưới đây đều sử dụng các đại lượng chung như sau:

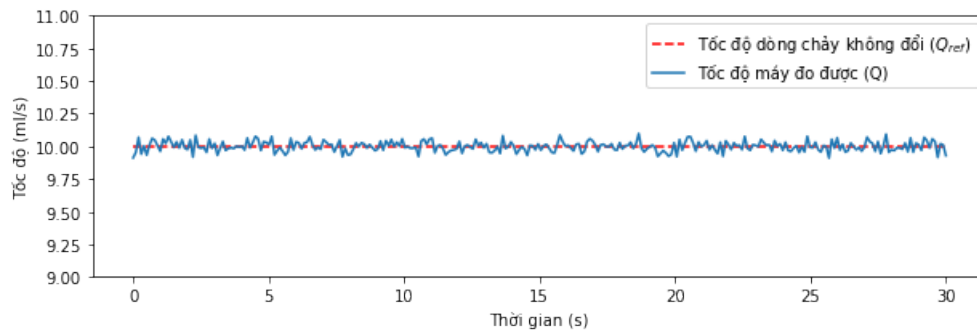
V	thể tích nước tiểu trong lúc đo đạc (ml).
T	thời gian đo đạc (second).
Q	tốc độ nước tiểu (ml/s).
f	tần số hoạt động của máy (Hz).
N	số lần đo được thực hiện.

2.1. Mô hình 1: Đánh giá sai số trong phép đo

Một trong những yếu tố thiết yếu nhất trong việc đánh giá một thiết bị đo đạc là độ chính xác. Chúng tôi xin được đề xuất một số công thức phổ biến nhất để định lượng mức độ chính xác của máy niệu gia ký, trong mô hình đầu tiên này là dưới một tốc độ dòng nước không đổi.

Đặt Q_{ref} là tốc độ nước không đổi trong quá trình đo, trên lý thuyết có thể được tính bằng công thức $Q_{ref} = \frac{V_{final} - V_{start}}{T} = \frac{m_{final} - m_{start}}{T} \times D$ (Cho $D=1g/ml$)

Chúng tôi sẽ cho tốc độ chuẩn đó đi qua máy trong khoảng thời gian gần 30s, sau đó tính các giá trị Q_i tại từng thời điểm với tần số là f và đưa ra đồ thị Q theo T .



Giả lập kết quả đo của máy so với dòng chảy không đổi bằng hàm sinh ngẫu nhiên

Do kết quả đo được so sánh với một đường thẳng nằm ngang $y = Q_{ref}$, nên việc đánh giá độ phân tán của đại lượng Q thông qua độ lệch chuẩn là điều cần thiết. Ta có công thức tính độ lệch chuẩn σ :

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{(Q_i - \bar{Q})^2}{N - 1}}$$

trong đó $N = f \times T$.

Như vậy, có thể nói kết quả đo tốc độ nước tiểu là $\bar{Q} \pm \sigma$. Ngoài ra, ta cũng có thể tính $\% \frac{\sigma}{\bar{Q}}$. Đây là công thức biểu diễn độ phân tán của số liệu thiết bị đo được, hay độ nhiễu của đồ thị. Lúc này, ta có thể xem xét liệu giá trị này nằm trong khoảng cho phép của chuẩn quốc tế, từ đó quyết định độ hiệu quả của máy. (Thông thường là $\leq 5\%$).

Ngoài độ phân tán của thiết bị, ta còn có thể tính độ chính xác của phép đo trong máy bằng công thức $\% \frac{|\bar{Q} - Q_{ref}|}{Q_{ref}}$. Thông số này cũng được đem so sánh với chuẩn quốc tế để quyết định độ hiệu quả của máy. (Thông thường cũng là $\leq 5\%$).

Bảng 1: Số liệu đo được từ máy niệu gia ký của Đại học Quốc tế

Q_{ref}	\bar{Q}	Q_{max}	σ	$\% \frac{\sigma}{\bar{Q}}$	$\% \frac{ Q_{ref} - \bar{Q} }{Q_{ref}}$
0.743	0.726	0.839	0.0162	1.7570	2.2880
1.665	1.657	1.817	0.0457	2.7570	0.4962
2.471	2.458	2.564	0.0399	1.6225	0.5261
2.548	2.544	2.74	0.0675	2.6533	0.1570
2.571	2.599	2.724	0.0351	1.3498	1.1009
5.083	5.075	5.339	0.0598	1.1788	0.1561
6.868	6.724	7.010	0.1045	1.5537	2.0910
6.802	6.799	7.109	0.0739	1.0862	0.0417
12.528	12.538	13.235	0.1395	1.1130	0.0796
15.670	15.710	16.291	0.1883	1.1987	0.2581
15.689	15.733	16.799	0.2377	1.5108	0.2810
19.988	19.413	20.488	0.3203	1.6498	2.8768
24.818	25.265	26.947	0.5881	2.3276	1.7994
25.896	26.374	27.403	0.5038	1.9101	1.8458
27.066	27.801	29.351	0.6466	2.3257	2.7155
		Average	0.2044	1.7329	1.1142

Trong bảng thu được, ta có thể thấy giá trị của $\% \frac{\sigma}{\bar{Q}}$ luôn $< 2\%$, giá trị trung bình của độ nhiễu sau 15 lần thử là $\bar{\sigma} \approx 1,7\%$. Đối với $\% \frac{|Q_{ref} - \bar{Q}|}{Q_{ref}}$, các giá trị thiết bị tính toán được cũng đều nằm trong khoảng 5 % cho phép.

2.2. Mô hình 2: Đánh giá độ hiệu quả so với thiết bị tương tự bằng phương pháp chấm điểm Bland-Altman.

Tốc độ đi tiểu của con người trong thực tế không phải là một hằng số theo thời gian như trong thử nghiệm. Vì vậy thực hiện đánh giá hiệu quả thiết bị dựa trên kết quả đo đạc thực tế với bệnh nhân cũng là một yếu tố cần thiết. Chúng ta sẽ thêm các giả thiết sau:

- o Tồn tại một thiết bị tương tự với thiết bị ta đang đánh giá để làm chuẩn.
- o Hai thiết bị có thể cùng lúc khảo sát quá trình đi tiểu của một người vào cùng một thời điểm.
- o Do đại lượng Q_{max} là một đặc trưng trong chẩn đoán bệnh lý đối với máy niệu gia ký nên trong mô hình này ta sẽ chỉ so sánh kết quả Q_{max} thu được của hai máy.

Lúc này, chúng ta có thể so sánh trực tiếp kết quả đo đạc của hai máy, từ đó đưa ra kết luận về độ hiệu quả của thiết bị đang xét so với thiết bị chuẩn. Sau đây chúng tôi xin được trình bày một phương pháp dùng để ước lượng, dựa theo phương pháp chấm điểm Bland-Altman. Trước tiên, chúng ta đặt các biến số sau:

- o n_d : số lần thực hiện thử nghiệm.
- o Q_i : tốc độ tối đa được thiết bị đang đánh giá ghi lại đối với lần thử i .
- o C_i : tốc độ tối đa được thiết bị chuẩn ghi lại đối với lần thử i .

- o d_i : chênh lệch về tốc độ tối đa thu được giữa thiết bị đang đánh giá và thiết bị chuẩn trong lần thử thứ i , tính bằng công thức:

$$d_i = Q_i - C_i$$

Vì sai số trong phép đo của thiết bị là tất yếu, nên trong đại đa số các trường hợp đều sẽ xảy ra chênh lệch giữa Q_i và C_i . Ở đây, chúng tôi sẽ xác định mức độ của sự chênh lệch đó, từ đó có thể đánh giá được hiệu quả của thiết bị.

Ta sẽ xác định ba giá trị sau:

- o Trung bình cộng các giá trị chênh lệch giữa hai thiết bị: $\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^{n_d} d_i}{n_d}$
- o Trung bình cộng của giá trị tốc độ tối đa mà hai máy thu được tại lần thử i : $b_i = \frac{Q_i + C_i}{2}$
- o Độ lệch chuẩn của các giá trị chênh lệch thu được: $\sigma_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_d} (d_i - \bar{d})^2}{n_d - 1}}$

Tiếp theo, ta sẽ vẽ đồ thị $S(x, y)$ biểu diễn phân phối điểm trên mặt phẳng như sau: $S(x, y) = (b_i, d_i)$. Bây giờ, chúng tôi sẽ giả sử rằng các lần thử nghiệm xem như độc lập với nhau, và sai số của máy đo mang tính ngẫu nhiên (nhưng vẫn nằm trong khoảng cho phép).

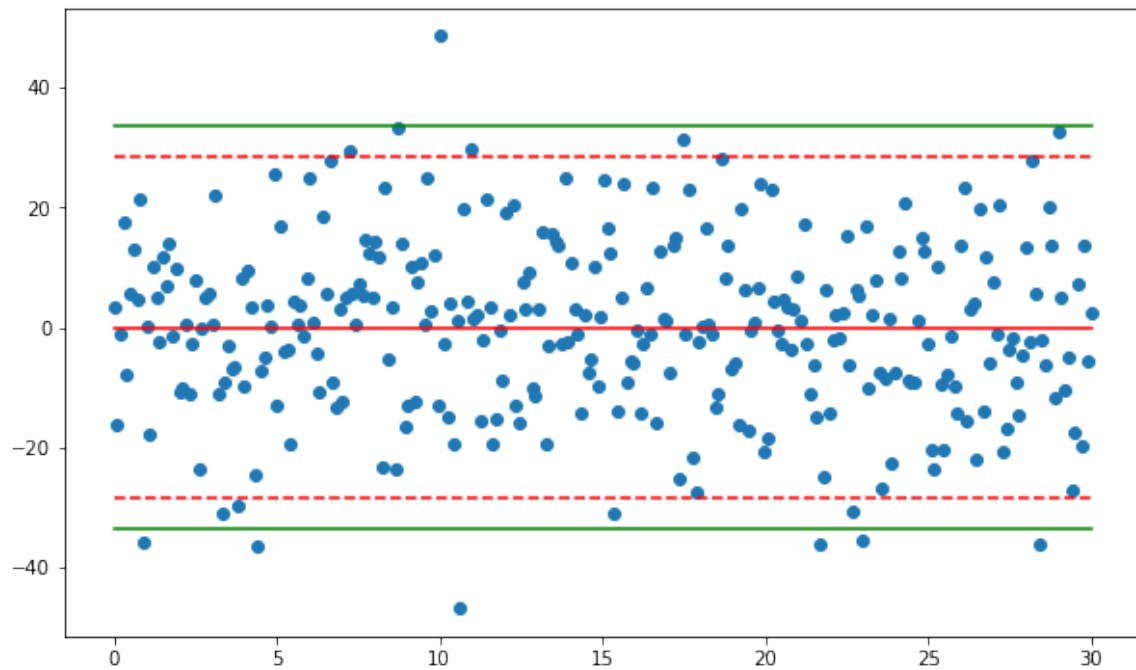
Khi đó, như hình vẽ, các giá trị d_i sẽ phân phối theo dạng phân phối chuẩn (phân phối Gauss) nếu số lần thử là lớn (các điểm tròn màu xanh). Nếu chọn mức tin cậy là 95%, khoảng tin cậy của đại lượng d là $\bar{d} \pm 1.96s$, hay còn được gọi là **giới hạn tương đồng** (limits of agreement) của hai thiết bị đo (kẹp giữa bởi hai đường màu đỏ nét đứt). Nói cách khác, ta có thể xem hai giới hạn tương đồng trên và dưới là thông số biểu diễn được mức độ chênh lệch tối đa trong hầu hết các phép đo giữa thiết bị được đánh giá so với thiết bị chuẩn. Dựa trên một quy chuẩn gồm hai khoảng chặn trên và dưới sao cho nếu giới hạn tương đồng ta tìm được nằm trong quy chuẩn đã đặt, thì sai số của thiết bị đang đánh giá so với chuẩn là ở trong mức cho phép (đường màu xanh lá).

Chúng tôi xin được giả sử một mẫu ví dụ sau (gồm 10 lượt thử nghiệm) giữa “máy đo chuẩn” và máy đo cần đánh giá.

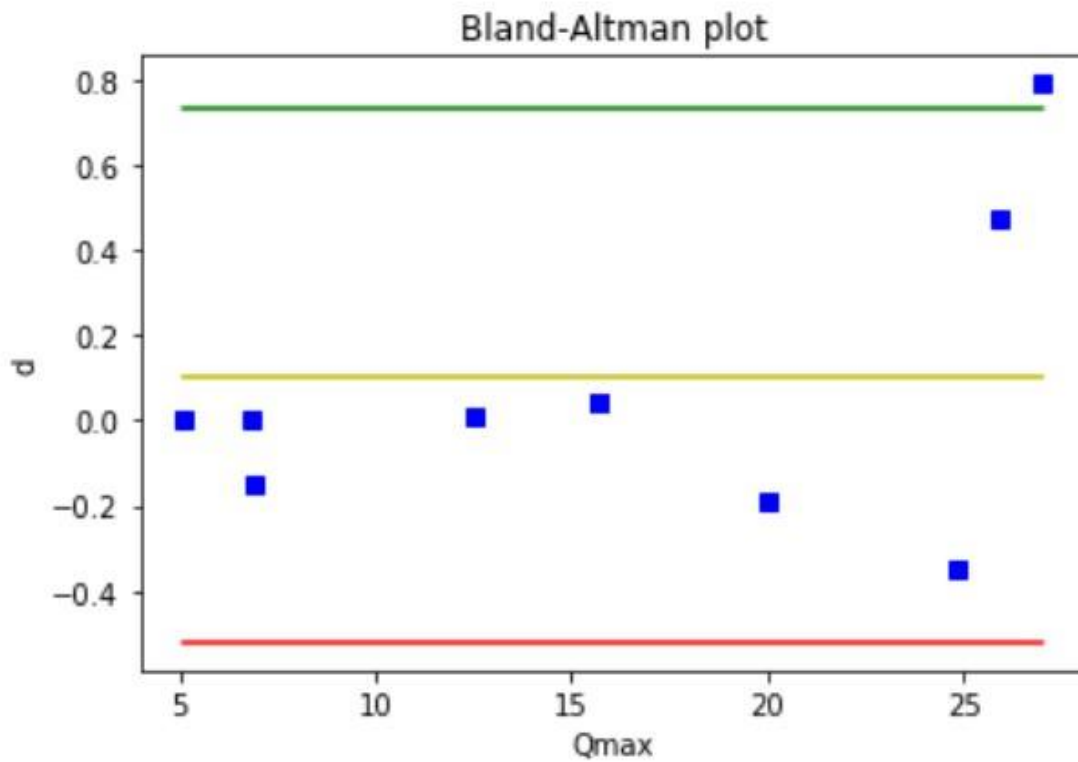
n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C	15.69	24.82	5.08	6.80	12.53	20.00	6.87	27.01	15.67	25.90
Q	15.73	25.27	5.08	6.80	12.54	19.41	6.72	27.80	15.71	26.37

Từ bảng đưa ra ở trên, ta tính được $n_d=10$, $\bar{d} = 0.105$, $s=0.319$, như vậy ta có giới hạn tương đồng sẽ là $\bar{d} \pm 1.96s = 0.105 \pm 0.626$. Ta cũng có thể nói giới hạn tương đồng sẽ là từ -0.521 đến 0.732 (ml/s). Hay nói cách khác, máy niệu gia ký này sẽ cho hầu hết các phép đo có sai số so với chuẩn nằm trong khoảng [-0.521;0.732]. Bằng việc so sánh giới hạn này với quy chuẩn cho trước. Ta có thể xác định được mức độ khác biệt trong phép đo giữa hai máy, từ đó quyết định có thể sử dụng thiết bị này trong ngành các bệnh viện hay không. Ở đây ta thấy các giá trị Q_{max} thể hiện trên bảng số liệu dao động từ 5 - 27 ml/s, vì vậy có thể xem mức giới hạn tương đồng $= 0.105 \pm 0.626$ này là hợp lý.

Vẽ đồ thị phân phối $S(x, y)$, ta có thể hiểu rõ hơn bản chất của mức độ chênh lệch này. Nếu khoảng giới hạn tương đồng càng nhỏ và trung bình cộng chênh lệch càng gần 0, mức độ hiệu quả của thiết bị sẽ càng được đánh giá cao hơn.



Hình 1: Minh họa phân bố Gauss của đại lượng d



Hình 2: Đồ thị Bland-Altman biểu diễn phân phối d trong ví dụ mẫu

2.3. Mô hình 3: Đánh giá hiệu quả của thiết bị trong việc chẩn đoán bệnh

Quy tắc suy luận Bayes luôn có ý nghĩa rất lớn trong ngành y học chẩn đoán bệnh. Đối với một thiết bị đo đặc như máy niệu gia ký, dù chỉ đưa ra một kết quả mang tính tham khảo, nó vẫn giúp bệnh nhân xác định tình trạng bệnh của mình. (Ví dụ, nếu máy đo cho $Q_{max} \leq 10$ ml/s, bác sĩ sẽ chẩn đoán bệnh nhân có thể bị tắc nghẽn bàng quang).

Để đánh giá mức độ tin cậy của các kết quả đó chúng ta cần một phương pháp xác định khả năng chẩn đoán của máy. Một phương pháp tiêu biểu bài viết sẽ ứng dụng là tính tỉ số khả dĩ dương (Kí hiệu LR_+).

Ta xét máy niệu gia ký với kết quả đo là tốc độ nước tiểu tối đa (Q_{max}) trong sử dụng chẩn đoán bệnh tắc nghẽn bàng quang. Đầu tiên, ta đặt ra giả sử người tham gia thử nghiệm chỉ có hai kết quả chẩn đoán là dương tính (1) hoặc âm tính (0), và tương tự mỗi người cũng chỉ có hai trạng thái là có bệnh (1) hoặc không bệnh (0). Tiếp theo, ta đặt một mức chuẩn cho số liệu, tức là mức Q_{max} tối thiểu để người được thử nghiệm được chẩn đoán âm tính. Ở đây ta xem mức chuẩn là 10 (ml/s).

Giả sử trong quá trình khảo sát một số lượng lớn người già - trung niên có các triệu chứng liên quan tới bệnh, ta có bảng sau:

	Bị bệnh	Không bệnh
Dương tính	A	B
Âm tính	C	D

Với số liệu thu được, ta có thể tính được một số thông số hữu ích trong việc đánh giá hiệu quả của việc sử dụng máy đo như:

- o “Độ nhạy” (Sensitivity) của thiết bị là xác suất mà số liệu thiết bị đưa ra chẩn đoán đúng đối với người bị bệnh (nói cách khác là xác suất mà một người bị bệnh có số liệu Q_{max} mà máy đo được là bé hơn 10 ml/s). Dựa trên số liệu ta tính được $Sensitivity = \frac{A}{A + C}$.
- o Tương tự độ nhạy ta có “độ đặc hiệu” (Specificity) là xác suất mà số liệu thiết bị đưa ra chẩn đoán đúng đối với người không bị bệnh (âm tính), được tính bằng công thức $Specificity = \frac{D}{D + B}$.
- o “Giá trị tiên đoán dương” (PPV) biểu diễn xác suất mà một người được chẩn đoán dương tính thật sự bị bệnh. $PPV = \frac{A}{A + B}$.
- o “Giá trị tiên đoán âm” (NPV), tương tự biểu diễn xác suất người chẩn đoán âm tính thật sự khỏe mạnh. $NPV = \frac{D}{D + C}$.
- o “Tỉ số khả dĩ dương” (LR_+) là tỉ số giữa xác suất mà kết quả dương tính của máy là chính xác. $LR_+ = \frac{A \times (D + B)}{B \times (A + C)} = \frac{51 \times (62 + 23)}{23 \times (51 + 24)} = 2.51$

Trong đó, tỉ số khả dĩ dương là một đại lượng được sử dụng phổ biến trong việc đánh giá hiệu quả chẩn đoán của một thiết bị đo. (Một thiết bị đo tốt được xem là có $LR_+ \geq 10$).

Chúng ta hãy thử xem xét áp dụng mô hình với số liệu khảo sát có được từ tạp chí Euro urology, chẩn đoán trên 160 người từ 40 tuổi trở lên về tốc độ nước tiểu và triệu chứng bệnh lý (tắc nghẽn bàng quang). Ở đây ta xem “Dương tính” nghĩa là Q_{max} đo được từ máy ở bệnh nhân là ≤ 10 , và “Âm tính” là ngược lại.

	Bị bệnh	Không bệnh
Dương tính	51	23
Âm tính	24	62

Dựa theo bảng và công thức đã nêu ở trên, ta tính được các thông số hiệu quả chẩn đoán của máy: Sensitivity=68%, Specificity=73%, PPV=69%, NPV=72%. Với góc nhìn khách hàng, chúng ta cũng có thể sử dụng những con số này để tham khảo và đánh giá độ hiệu quả của máy trong việc giúp ta thêm chắc chắn về tình trạng bệnh lý của một người (*Quy tắc Bayes*). Ví dụ, với một người có 50% khả năng mắc bệnh, nếu được máy chẩn đoán dương tính thì lúc này xác suất mắc bệnh sẽ đúng bằng PPV, tức 69%. Nói cách khác, kết quả đo của máy đã giúp ta tăng thêm 20% độ chắc chắn về khả năng mắc bệnh của mình.

Đối với tỉ số khả dĩ dương, ta có $LR_+ \approx 2.519$. Đây được xem là tỉ số thuộc mức trung bình, nhưng chưa phải là tốt.

2.4. Mô hình 4: Đánh giá quyết định về mặt kỹ thuật đối với thiết bị

Sau khi đã đánh giá các thông số một cách tương đối đầy đủ, ta đã có thể đưa ra quyết định nên làm gì đối với việc nghiên cứu thiết bị, ví dụ như là cải tiến hay tạm ngừng dự án. Tuy nhiên, việc đưa ra quyết định nào sẽ ảnh hưởng không nhỏ đến kết quả nhận được của công ty, đặc biệt là về mặt kinh tế. Vì vậy, chúng tôi sẽ đưa ra một số mô hình để giúp nhà sản xuất cũng như nhà khoa học đánh giá về hệ quả của mỗi hành động, từ đó có thể đưa ra chính sách đúng đắn.

Đầu tiên, ta sẽ xét bài toán đơn giản nhất của mô hình này với các giả sử sau:

- Thiết bị chỉ được xác định bằng hai trạng thái là hoạt động (1) hoặc bị hỏng (0)
- Chỉ xét hai hành động đối với dự án là giữ nguyên thiết kế hoặc cải tiến để tăng hiệu quả
- Các thiết bị dù là được giữ nguyên thiết kế hay cải tiến đều tồn tại xác suất bị hỏng
- Khi thiết bị bị hỏng, ta đều có thể sửa lại để giúp thiết bị trở về trạng thái hoạt động (chuyển $0 \rightarrow 1$), tuy nhiên sẽ phải tốn chi phí.

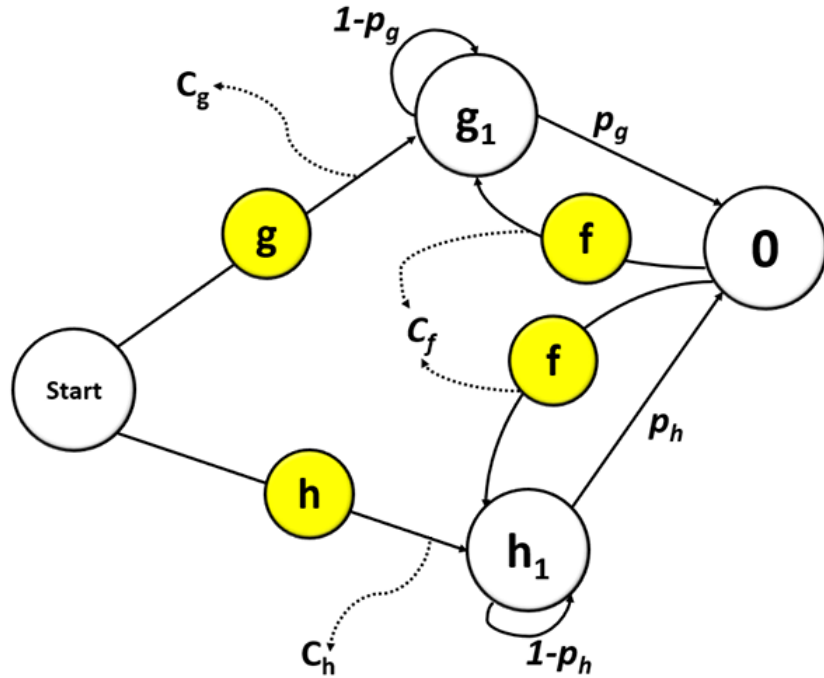
Từ các giả sử trên, ta sẽ đặt các biến và kí hiệu cho bài toán như sau:

- $a \in g, h$: biểu diễn quyết định đối với máy với g là giữ nguyên dự án như cũ, h là cải tiến thiết bị.
- m_a : biểu diễn thiết bị được sản xuất ra sau quyết định a .
- C_g : tổng chi phí sản xuất thiết bị nếu g được tiến hành.
- C_h : tổng chi phí sản xuất thiết bị nếu h được tiến hành (xem $C_h > C_g$).
- C_f : chi phí mỗi lần sửa chữa thiết bị bị hỏng. (xem như bằng nhau)
- p_a : xác suất thiết bị m_a bị hỏng.

Như vậy, ta đã có các thông số để xác định được mối liên hệ giữa những quyết định với hệ quả (được tính bằng chi phí kỳ vọng) đối với thiết bị y sinh đang được xem xét. Hệ thống này có thể được biểu diễn bằng mô hình quá trình quyết định Markov (Markov Decision Process hay MDP), với các đối tượng biểu diễn trạng thái của thiết bị, hành động của người đánh giá và các đường có hướng biểu diễn xác suất đối tượng này dẫn đến đối tượng kia, đi kèm với đó là các phần thưởng tương ứng với các chi phí mà nhà sản xuất phải chịu.

Để giải quyết được mô hình MDP và đưa ra quyết định hợp lý, chúng ta có thể lập biểu thức thể hiện giá trị kỳ vọng của mỗi quyết định. Xét thiết bị m_a có xác suất hỏng là p_a .

Theo nguyên lý cơ bản của chuỗi Markov, vì thiết bị chỉ có thể ở hai trạng thái là hỏng và



Hình 3: Minh họa chuỗi Markov

hoạt động nên xét trên khoảng thời gian sử dụng lâu dài, tại một thời điểm bất kỳ, xác suất thiết bị đang ở trạng thái hỏng sẽ là p_a . Xác suất thiết bị hoạt động tại một thời điểm bất kỳ, ngược lại, sẽ là $1 - p_a$. Chi phí sửa chữa thiết bị, tức chuyển thiết bị từ trạng thái 0 sang 1 sẽ là C_f . Như vậy, ta có thể tính được giá trị kỳ vọng của quyết định a là

$$e(a) = -(C_a + C_f \times p_a)$$

Áp dụng với hai giá trị g, h , ta có chênh lệch giá trị kỳ vọng giữa hai quyết định là:

$$\Delta = e(r) - e(h) = -(C_g + C_f \times p_g) + (C_h + C_f \times p_h) = (C_h - C_g) + C_f \times (p_h - p_g)$$

Để thấy ta có thể đưa ra quyết định dựa trên dấu của Δ :

- Nếu $\Delta > 0$, ta quyết định thông qua việc sản xuất thiết bị mà không cần cải tiến thêm
- Nếu $\Delta < 0$, ta quyết định cải tiến thiết bị
- Nếu $\Delta = 0$, các quyết định được xem là có kết quả tương đương nhau. Lúc này, ta có thể thêm một số yếu tố khác vào để đánh giá thêm thiết bị.

Đây là một công thức phụ thuộc vào nhiều biến, bao gồm ba yếu tố quan trọng là xác suất bị hỏng, giá tiền sản xuất, giá thiết bị. Từ đó, ta có thể đưa ra quyết định đúng đắn đối với sản phẩm.

Mô hình này có thể mở rộng ra nhiều quyết định, mỗi quyết định lại có một ưu, khuyết điểm khác nhau. Ta vẫn tính giá trị kỳ vọng của mỗi quyết định để so sánh và đưa ra kết quả cuối cùng. Tuy nhiên, làm thế nào để có thể đưa ra một công thức tính giá trị kinh tế chung cho mỗi thiết bị? Chúng ta có thể liên hệ với công thức về kinh tế dựa trên thông số kỹ thuật, sẽ được bài viết giới thiệu ở phần sau.

3. Đánh giá mô hình kinh tế

Ta sẽ xác định lợi nhuận của 1 dự án như sau: Đầu tiên ta cần xác định số lượng mặt hàng cần bán ra. Giả thiết đầu tiên ta đặt ra là tại mọi thời điểm thì nhu cầu là không thay đổi và luôn là 1 hằng số dương.

3.1. Bước 1

Khảo sát n người bất kì, trong đó làm khảo sát với câu hỏi về nhu cầu về mặt hàng cần khảo sát. Đánh giá theo câu hỏi có-không hoặc theo thang độ sự hứng thú từ 1 đến 10 (hoặc từ 1 đến 5), tùy vào mức độ chính xác mà công ty yêu cầu. Ta sẽ làm công thức Toán với thang đo là k ($k \in \mathbb{N}, k \geq 1$)

Tuy nhiên có thể tồn tại một yếu tố tâm lý ảnh hưởng đến việc đánh giá (Response Bias). Điển hình như khi người A đánh giá điểm 5, thì có thể người A có một yếu tố phân vân giữa 4 hoặc 6. Gọi xác suất người đó chọn đúng là t , xác suất chọn sai sẽ là $1 - t$. Ta sẽ đặt các biến như sau :

Gọi A_i là số người đánh giá điểm i .

Gọi X là số điểm hứng thú của một sản phẩm.

Vậy tổng điểm sẽ được tính với công thức sau, kí hiệu là công thức (*):

$$\begin{aligned} X &= \sum_{i=1}^k A_i \times t \times i + \sum_{i=1}^k A_i \times (1 - t) \times \frac{A_{i-1} \times t \times (i - 1) + A_{i+1} \times t \times (i + 1)}{t \times (A_{i-1} + A_{i+1})} \\ &= \sum_{i=1}^k A_i \times t \times i + \sum_{i=1}^k A_i \times (1 - t) \times \frac{A_{i-1} \times (i - 1) + A_{i+1} \times (i + 1)}{A_{i-1} + A_{i+1}} \end{aligned}$$

($A_0 = 0; A_{n+1} = 0$)

Giải thích công thức:

$A_i \times t$ là số người chọn đúng điểm i . Vậy tổng điểm sẽ là $\sum_{i=1}^n A_i \times i \times t_i$.

Còn $A_i \times (1 - t)$ người còn lại. Điểm trung bình mà những người này chọn sẽ xấp xỉ với tỉ lệ điểm hứng thú trung bình của $i - 1$ và $i + 1$. Tỉ lệ tính điểm hứng thú trung bình của $i - 1$ và $i + 1$ là

$$\begin{aligned} &\frac{A_{i-1} \times t \times (i - 1) + A_{i+1} \times t \times (i + 1)}{t \times (A_{i-1} + A_{i+1})} \\ &= \frac{A_{i-1} \times (i - 1) + A_{i+1} \times (i + 1)}{A_{i-1} + A_{i+1}} \end{aligned}$$

Ta có thể tổng quát công thức : thay vì xác suất chọn đúng là $t = \text{const}$ với mọi đánh giá, ta có thể thay tương ứng t_i là độ chính xác của một người đánh giá điểm i .

Vậy ta sẽ có:

$$X = \sum_{i=1}^k A_i \times i \times t_i + \sum_{i=1}^k A_i \times (1 - t_i) \times \frac{A_{i-1} \times t_{i-1} \times (i - 1) + A_{i+1} \times t_{i+1} \times (i + 1)}{A_{i-1} \times t_{i-1} + A_{i+1} \times t_{i+1}}$$

Khi đó, với X là số điểm hứng thú mới cập nhật, chia cho n người, ta sẽ có tỉ lệ hứng thú trung bình $\alpha = \frac{X}{n}$.

Áp dụng trên quy mô lớn, ta sẽ có trong 1 vùng, sẽ có

$$Q = \text{dân số} \times \alpha = \text{số lượng hàng có khả năng bán ra}$$

3.2. Bước 2

3.2.1. *Hướng tiếp cận 1.* Mô hình với điều kiện lý tưởng - Mô hình lý thuyết.

Mô hình theo hướng tiếp cận 1, với giả thiết rằng tất cả các mặt hàng có giá bán như nhau và không chịu ảnh hưởng của giá trị thương hiệu, sẽ tìm lượng mặt hàng nên sản xuất ra để tối ưu lợi nhuận của tất cả công ty trên thị trường.

Gọi nhu cầu của xã hội là Q , số công ty là n , q_i là sản lượng mà công ty i có.

$$\text{Ta có } Q = \sum_{i=1}^n q_i.$$

Đặt giá thành sản xuất 1 sản phẩm của công ty i là c_i .

Đặt giá thành sản xuất trung bình là $\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^n c_i}{n}$.

$$\text{Đặt } \bar{c}_{-k} = \frac{\sum_{i=1}^n c_i - c_k}{n-1}.$$

$$\text{Đặt } Q_{-i} = Q - q_i = \sum_{i=1}^n q_i - q_i.$$

Đặt lợi nhuận của công ty i là π_i .

Giả định rằng giá của các sản phẩm là như nhau và tuân theo quy luật tuyến tính:

$$p = a - b \times Q$$

Vậy lợi nhuận của 1 sản phẩm là $a - b \times Q - c_i$. Ta có:

$$\pi_i = (a - c_i - b \times Q) \times q_i = [a - c_i - b \times (q_i + Q_{-i})] \times q_i$$

Đạo hàm lần thứ nhất:

$$\frac{d\pi_i}{dq_i} = a - c_i - b(2q_i + Q_{-i}) = 0$$

Để đạt lợi nhuận cực đại thì điều kiện cần là đạo hàm lần thứ nhất bằng 0. Từ đó, ta có hệ phương trình sau:

$$\begin{aligned} 2q_1 + q_2 + q_3 + \cdots + q_n &= \frac{a - c_1}{b} \\ q_1 + 2q_2 + q_3 + \cdots + q_n &= \frac{a - c_2}{b} \\ q_1 + q_2 + 2q_3 + \cdots + q_n &= \frac{a - c_3}{b} \\ &\vdots \\ q_1 + q_2 + q_3 + \cdots + 2q_n &= \frac{a - c_n}{b} \end{aligned}$$

Thực hiện phép cộng theo vế:

$$(n+1)(q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n) = \frac{1}{b}(n \times a - \sum_{i=1}^n c_i) = n \times \frac{a - \bar{c}}{b}$$

$$Q = \frac{n}{n+1} \frac{a - \bar{c}}{b}$$

Giá cả hợp lý cho thị trường là:

$$p = a - b \left(1 - \frac{1}{n+1}\right) \frac{a - \bar{c}}{b} = \bar{c} + \frac{a - \bar{c}}{n+1}$$

$$a - c_i - b(2q_i + Q_{-i}) = a - c_i - b(q_i + Q) = 0$$

$$q_i = \frac{a - c_i}{b} - Q = \frac{a - c_i}{b} - \frac{n}{n+1} \frac{a - \bar{c}}{b}$$

$$q_i = \frac{a - (n+1)c_i + n\bar{c}}{(n+1)b}$$

$$q_i = \frac{a - c_i - n(c_i - \bar{c}_{-i})}{(n+1)b}$$

Vậy nếu áp dụng theo hướng tiếp cận 1, các công ty hoàn toàn có chiến thuật để đạt được cực đại lợi nhuận khi điều kiện cạnh tranh là như nhau. Điều này thường không xảy ra trên thực tế, nhưng việc áp dụng mô hình Toán để thấy lợi ích đạt được khi cùng hợp tác là hoàn toàn cần thiết.

Nhận xét: Nếu mô hình cạnh tranh là lý tưởng như hướng tiếp cận 1, máy Niệu gia ký khả năng cao sẽ có thời gian hoàn lại vốn ngắn.

3.2.2. Hướng tiếp cận 2. Tuy nhiên, trên thực tế, điều kiện thị trường không được lý tưởng hóa như ở hướng tiếp cận 1. Yếu tố cạnh tranh là không thể bỏ qua, vì vậy, chúng ta sẽ lập công thức về các yếu tố ảnh hưởng đến số sản phẩm bán được dựa trên mức độ cạnh tranh.

Đối tượng khách hàng khác nhau, mức độ ảnh hưởng của một yếu tố sẽ khác nhau. Ta sẽ làm cụ thể đối với sản phẩm y sinh. Ta chia khách hàng thành 3 đối tượng chủ yếu :

- o Khách hàng tiêu dùng.
- o Bác sĩ.
- o Nhà nghiên cứu.

Với các yếu tố được xét :

- o p : Giá cả.
- o r : Giá trị thương hiệu.
- o m : Các yếu tố Truyền thông, quảng bá.
- o d : Độ nhiễu của máy đo.

Giá trị thương hiệu hay có thể được hiểu như là “giá trị tài sản ròng” (net worth).

Các yếu tố Truyền thông, quảng bá là một đại lượng không thể định lượng. Nhưng các yếu tố Truyền thông, quảng bá thường sẽ tỉ lệ thuận với số tiền đầu tư cho các chiến dịch Truyền thông, quảng bá.

Gọi ω là nhân tố so sánh đặc trưng về một mặt hàng. Lưu ý: ω không phải là nhân tố tổng quát để đánh giá giữa các sản phẩm khác công dụng.

Ta có công thức sau, ký hiệu là công thức (**):

$$\omega = \frac{r^{k_r} \times m^{k_m}}{p^{k_p} \times d^{k_d}}$$

Với k_r, k_m, k_p, k_d là các số mũ chúng ta điều chỉnh.

Giải thích công thức: ω tỉ lệ thuận với r và m ; tỉ lệ nghịch với p và d .

Chi tiết cụ thể về sự ảnh hưởng của các hệ số mũ k_r, k_m, k_p, k_d sẽ được trình bày ở phía sau:

- o Về đối tượng 1 - Khách hàng tiêu dùng: Với khách hàng tiêu dùng, độ nhiễu của máy (thường nằm vào khoảng 3-5% - không quá ảnh hưởng). Vì vậy, ta có thể giảm bớt yếu tố này. Có thể chọn $k_d = 0$.
Các hệ số k_r, k_m, k_p , ta có thể tùy chỉnh phụ thuộc vào mặt hàng và các công ty cần so sánh.
- o Về đối tượng 2 - Bác sĩ: Với Bác sĩ, những người có hiểu biết khá sâu rộng về các loại máy trên thị trường, chiến dịch Marketing sẽ không còn quá ảnh hưởng. Có thể chọn $k_m = 0$.
Các hệ số k_r, k_d, k_p , ta có thể tùy chỉnh phụ thuộc vào mặt hàng và các công ty cần so sánh.
- o Về đối tượng 3 - Nhà nghiên cứu: Với Nhà nghiên cứu, những người có hiểu biết sâu rộng về các loại máy trên thị trường, chiến dịch Marketing và danh tiếng sẽ không còn quá ảnh hưởng. Nhưng độ chính xác cần tiêu chuẩn cao. Vì thế, ta sẽ chọn k_d lớn.
Các hệ số k_r, k_m, k_p , ta có thể tùy chỉnh phụ thuộc vào mặt hàng và các công ty cần so sánh.

Với các hệ số ω như trên. Đặt ω_i là nhân tố so sánh đặc trưng về mặt hàng của công ty i . Có n công ty, thì phần trăm thị trường mà công ty i giành được sẽ tương ứng với tỷ lệ:

$$\frac{\omega_i}{\sum_{i=1}^n \omega_i} \times 100\%$$

Áp dụng mô hình vào thực tế vào máy Niệu gia ký:

Bước 1: Khảo sát 100 người cao tuổi về nhu cầu sử dụng máy Niệu gia kí để đo tốc độ nước tiểu, phục vụ cho việc chuẩn đoán bệnh tắc nghẽn đường niệu.

Áp dụng công thức (*) và giả sử với $t = 0,9$. Ta sẽ thu được hệ số hứng thú là α . Dân số thành phố Hồ Chí Minh là 9 triệu người. Tỷ lệ người cao tuổi là 14%. Vậy ước tính số người cao tuổi có nhu cầu là:

$$Q = 9 \times 10^6 \times 0.14 \times \alpha$$

Đối với mô hình máy Niệu gia kí, trên thị trường có máy Andromeda Helix trên thị trường là đối thủ cạnh tranh.

Áp dụng công thức (**): chúng ta có thể giả sử yếu tố giá cả p là như nhau (Do Andromeda Helix sẽ có giá cao hơn giá ước tính của máy Niệu gia kí, tuy nhiên Andromeda Helix có thêm nhiều tác dụng khác ngoài đo tốc độ nước tiểu).

Đối với đối tượng khách hàng, độ nhiễu của máy đo không quá ảnh hưởng, chúng ta có thể tạm bỏ qua yếu tố này.

Vì Niệu gia kí chưa ra thị trường dưới danh nghĩa sản phẩm của một công ty, Andromeda là một công ty có danh tiếng về kĩ thuật y sinh, ta sẽ tạm đặt giá trị thương hiệu của Andromeda gấp 4 lần yếu tố tương tự của máy Niệu gia kí. Đặt $k_r = 1$.

Chiến dịch marketing ảnh hưởng rất lớn đến khách hàng, vì thế, cho $k_m = 2$. Andromeda là một công ty lớn, chúng ta có thể xem số tiền đầu tư vào marketing của Andromeda gấp 2 lần yếu tố tương ứng của máy Niệu gia kí.

Gọi Niệu Gia kí là máy 1, Andromeda Helix là máy 2.

$$\omega_2 = \frac{4^1 \times 2^2}{1 \times 1} \omega_1 = 16\omega_1$$

Vậy máy Niệu gia kí sẽ chiếm $\frac{1}{16+1} = \frac{1}{17}$ thị trường.

Đây chỉ là một hướng áp dụng thử của mô hình kinh tế, các thông số dựa trên sự trên mô hình hóa và ước chừng để làm mẫu cho mô hình, không có tác dụng tham khảo.

Kết luận về yếu tố kinh tế: Máy Niệu gia ký là một sản phẩm mới và cần thiết. Nhu cầu dành cho máy Niệu gia ký là rất cao. Dựa trên các mô hình kinh tế, máy Niệu gia ký sẽ chiếm được một phần không nhỏ của thị trường và được dự tính là hoàn toàn có thời gian hoàn lại vốn ngắn.

4. Mở rộng: một mô hình đánh giá chung cho thiết bị

Như chúng ta đã thấy, có rất nhiều yếu tố tạo nên tính hiệu quả của một thiết bị y sinh (cụ thể ở đây là máy niệu gia ký). Tuy nhiên, rất khó để kết hợp các khía cạnh khác nhau của máy để có thể tính toán được giá trị chung của thiết bị ấy, từ đó đánh giá tầm quan trọng của thiết bị trong cả lĩnh vực công nghệ y sinh. Ở đây chúng tôi chỉ xin đề xuất một mô hình mang ý tưởng cơ bản để có thể đánh giá và “chấm điểm” các thiết bị dựa trên nhiều yếu tố

4.1. Giả sử

Ta xem xét 5 yếu tố chính: độ chính xác, độ tin cậy (trong chẩn đoán), tính an toàn (xác suất rủi ro), tính kinh tế, tính cạnh tranh.

4.2. Mô hình tính điểm

Đầu tiên, ta sẽ gán cho mỗi yếu tố được xét trong thiết bị một trọng số không âm w_i ($i \in \overline{1,5}$, $\sum_{i=1}^5 w_i = 1$). Trọng số này có thể thu được qua khảo sát người dân, nghiên cứu,... phản ánh mức độ quan trọng của một yếu tố đến thiết bị đó. Sau đó, với mỗi yếu tố, ta sẽ tạo một thang điểm từ 1 đến 5, mỗi thang điểm sẽ có một yêu cầu riêng, sao cho thiết bị có khả năng thỏa mãn ít nhất 1 trong 5 yêu cầu đó.

*Ví dụ: thang điểm độ chính xác cho thiết bị đo đạc

- o 5: $\geq 99\%$
- o 4: $\geq 95\%$
- o 3: $\geq 90\%$
- o 2: $\geq 75\%$
- o 1: $< 75\%$

Dựa trên thang điểm yêu cầu, ta sẽ chấm điểm các thiết bị theo mỗi yếu tố i một số điểm m_i , rồi nhân yếu tố đó với trọng số tương ứng.

$$M = \sum_{i=1}^5 w_i \times m_i$$

Đây là phương pháp tính giá trị chung cơ bản cho thiết bị, kết hợp các yếu tố lại với nhau. Bài viết không đề cập đến một ví dụ cụ thể cho mô hình này do chưa có đủ các quy chuẩn cần thiết, tuy nhiên các tác giả vẫn mong rằng mô hình này sẽ được thực hiện trong tương lai, thúc đẩy sự phát triển của công nghệ đánh giá sản phẩm y sinh trong khoa học.

5. Kết luận

Trong quá trình tìm kiếm và phát triển ý tưởng, chúng tôi đã tìm kiếm, phân loại, đánh giá, từ đó loại bỏ những phương pháp chưa hoàn thiện, mở rộng những phương án hợp lý hơn. Mỗi mô hình cuối cùng được trình bày trong bài viết đều là kết quả của một quá trình nỗ lực tìm tòi, học hỏi và truyền đạt lại một cách hợp lý nhất. Sau đây chúng tôi sẽ nhìn lại từng mô hình, đánh giá ưu, nhược điểm và mức độ hợp lý của nó, từ đó liên hệ cho bản thân.

Mô hình đầu tiên tương đối đơn giản nhưng mang tính chuẩn xác, hợp lý và hiệu quả cao. Phương pháp sử dụng độ lệch chuẩn là một cách dùng rất phổ biến trong thống kê, và đối với máy niệu gia ký nói riêng, cũng rất hữu hiệu để xác định độ nhiễu trong quá trình đo của máy. Tuy nhiên, đi cạnh với đó, việc xác định độ chính xác dựa trên hiệu tốc độ đo được giữa kết quả máy ghi lại và tốc độ chuẩn cũng mang yếu tố quan trọng. Nó là công cụ hữu dụng cho biết việc thiết kế thang đo cũng như cơ chế đo có gặp phải trục trặc hay không. Bài viết đề nghị sử dụng song song cả hai số liệu để có được góc nhìn về thiết bị tốt nhất.

Mô hình tiếp theo là một phương pháp tương đối nhẹ nhàng về mặt tính toán, đặc biệt là so với công thức tính hệ số tương quan Pearson (r) mà nhóm đã cân nhắc trước đó. Tuy vậy, phương pháp Bland-Altman này lại có hiệu quả cao, phản ánh tốt mức độ tương quan giữa hai thiết bị một cách hợp lý hơn so với công thức hệ số tương quan. Tuy vậy, một vấn đề mà tác giả gặp phải trong quá trình tìm kiếm dữ liệu là việc đặt ra một chuẩn để đánh giá giới hạn tương đồng có hợp lệ hay không. Chúng tôi sẽ tiếp tục khai thác, tìm hiểu sâu hơn về vấn đề này để tìm ra câu trả lời đầy đủ nhất.

Mô hình về mức độ tin cậy là một ví dụ cơ bản của suy luận Bayes trong việc gia tăng sự tin tưởng của người chẩn đoán bệnh. Bài viết đã tìm ra nhiều đại lượng biểu thị cho các giá trị khác nhau đặc trưng cho độ tin cậy của kết quả, cũng như độ nhạy của thiết bị. Và, mặc dù chúng tôi cũng đã thiết lập thông số tỉ số khả dĩ dương để biểu thị cho khả năng chẩn đoán của máy, đối với cá nhân các tác giả, phương pháp này vẫn phụ thuộc vào quá trình khảo sát cho trước và dễ xảy ra sai số trong thống kê. Ngoài ra, chúng tôi cũng mong sẽ thiết lập một mô hình chi tiết hơn về các thông số của máy cho mỗi mức đo kết quả khác nhau (trong bài viết chỉ xét mức chuẩn ở 10ml/s).

Mô hình quyết định mang hơi hướng kĩ thuật lẫn kinh tế, và thực sự là một mô hình rất thú vị, đa dạng và có nhiều hướng giải quyết. Vì hạn chế của bài viết nên tác giả chưa thực sự bao quát được các giả thiết mà bài toán đặt ra (với mỗi quyết định sẽ có những giá trị thu được khác nhau với xác suất khác nhau), chỉ mới xét đến các trường hợp còn giới hạn. Vì vậy, chúng tôi mong có thể mở rộng bài toán một cách chi tiết hơn trong tương lai.

Về mô hình khảo sát thị trường, đây là một mô hình chịu ảnh hưởng bởi yếu tố tâm lý. Thêm vào độ chệch lệch do tâm lý - Response Bias đã giúp cho mô hình trở nên chính xác hơn. Mô hình là sự kết hợp của công thức xác suất và công thức trung bình. Tuy nhiên, vì yếu tố tâm lý là yếu tố khách quan và không thể xác định, để có thể hoàn thiện mô hình này, chúng ta có thể đặt xác suất chọn đúng của người làm khảo sát vào khoảng 90%. Mô hình này tuy không cho ra kết quả chính xác tuyệt đối, nhưng sẽ cho ra được mức độ hứng thú chính xác hơn so với cách tính thông thường.

Mô hình kinh tế thứ hai là một mô hình điều kiện kinh tế lý tưởng, một mô hình lý thuyết. Với tư tưởng các sản phẩm chất lượng như nhau, đồng giá và không chịu ảnh hưởng bởi các yếu tố như giá trị thương hiệu, mô hình này tuy chưa hợp lý những đã thể hiện rõ ràng với chiến thuật hợp lý, các doanh nghiệp, công ty hoàn toàn có thể đem lại lợi ích tốt nhất cho bản thân và cho các công ty khác với điều kiện hợp tác.

Mô hình cuối cùng là một sự nâng cấp của mô hình trước. Với việc đem các yếu tố như giá trị thương hiệu và giá cả mặt hàng, mô hình đã xuất ra một hằng số đặc trưng cho một mặt hàng ở một công ty bất kì. Bằng việc so sánh các hằng số đặc trưng giữa các công ty, chúng ta có thể dự đoán lượng sản phẩm sẽ được người tiêu dùng tiếp nhận. Việc có thể điều chỉnh linh hoạt các hệ số mũ (k_m, k_r, k_p, k_d) tùy vào đối tượng khách hàng, mô hình này không thể đánh giá chính xác hoàn toàn về tỉ lệ thị trường chiếm được. Tuy nhiên, với việc chọn hệ số mũ hợp lý và sự so sánh tương quan giữa những công ty, công thức này có thể đưa ra những dự đoán gần chính xác dựa trên cơ sở Mô hình Toán học để giúp các doanh nghiệp, công ty có chiến thuật kinh doanh, quảng bá sản phẩm, đầu tư tốt hơn.

Mô hình tổng quát vẫn còn là một mô hình mà chúng tôi chưa hoàn thiện. Tuy nhiên, chúng tôi đánh giá đây là mô hình hợp lý nhất, cần thiết nhất để xác định giá trị của tất cả thiết bị trong toàn bộ ngành công nghệ y sinh nói chung. Vì vậy, các tác giả bài viết không mong gì hơn ngoài việc trong tương lai, mô hình toán phức tạp này sẽ được tiếp tục phát triển và hoàn thiện.

Nhìn chung, các mô hình toán học đều có những giá trị to lớn đối với đời sống, và bất kỳ nỗ lực giải quyết bài toán nào cũng đều mang lại những kết quả cũng như tiên tri đáng ghi nhận. Vì vậy, chúng tôi mong rằng những bài viết như thế này sẽ luôn được khuyến khích nghiên cứu, sản xuất và ứng dụng vào thực tiễn.

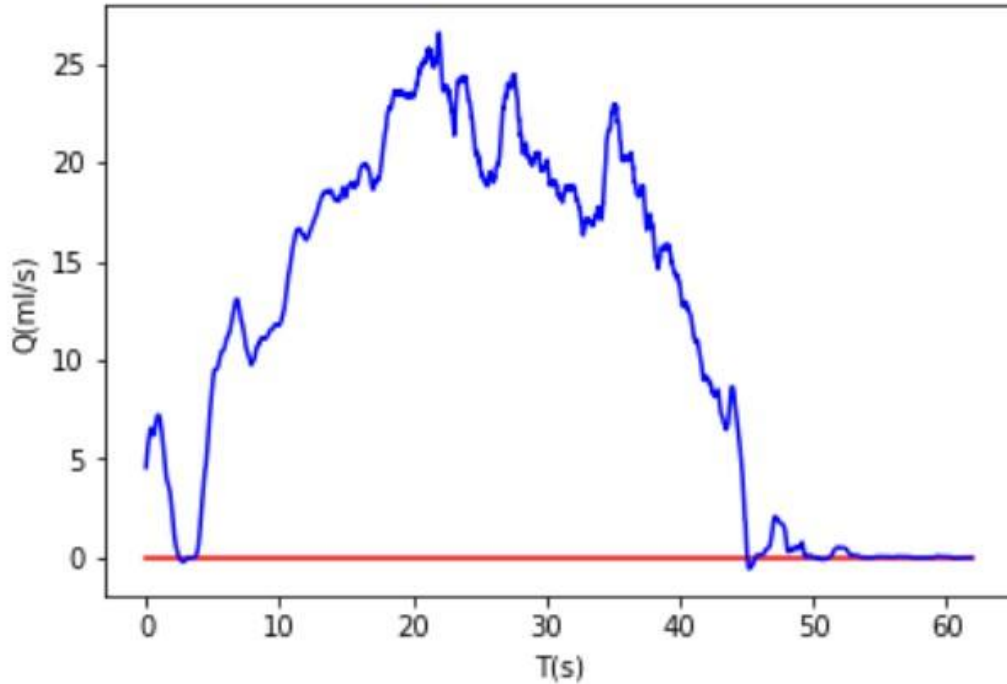
6. Phụ lục

6.1. Phụ lục 1: Thuật toán khử nhiễu trong đo đạc và vẽ đồ thị Q theo t

```
%matplotlib inline
import csv
import numpy as np
import matplotlib
import matplotlib.pyplot as plt
t = []
p = []
with open('1.csv', 'r') as csvfile:
    data = csv.reader(csvfile)
    for row in data:
        t.append(row[0])
```

```
        p.append(row[2])
t = np.array(t, dtype = float);
p = np.array(p, dtype = float);

tmp = p.copy()
n = len(p)
k = 50
for i in range(n):
    mau = 0
    tu = 0
    for j in range(-k, k+1):
        if i + j >= -1 and i + j < n:
            mau = mau + 1
            tu = tu + tmp[i + j]
    p[i] = tu / mau
fig, axes = plt.subplots()
xref = [min(t), max(t)]
yref = [0, 0]
axes.plot(xref, yref, 'r') # Red
axes.plot(t, p, 'b') # Blue
axes.set_xlabel('T(s)')
axes.set_ylabel('Q(ml/s)')
```



Hình 4: Kết quả thuật toán

6.2. Phụ lục 2: Thông số tham khảo

Bảng sau liệt kê một số thông số so sánh cho hai máy niệu gia ký đang trong quá trình nghiên cứu: Andromeda Helix và IU-ROF (nghiên cứu ở phòng lab của đại học quốc tế IU), cùng với đó là các quy chuẩn chung (nếu có) cho thiết bị.

Tiêu chí	Andromeda	IU-ROF	Chuẩn
Khoảng đo tốc độ	0-200ml/s	0-60ml/s	0- $\geq 50ml/s$ trở lên
Dung tích	1,500ml	1000ml	≥ 1000 ml
Sai số	0,3ml/s	0,6ml/s	≥ 1 ml/s
Tần số	64Hz	80Hz	≥ 5 Hz
Điều khiển	Remote	Phần mềm máy tính	
Bộ nhớ	1MByte/100 lần đo	8GByte/8000 lần đo	
Cài đặt tại nhà	Không	Có	
Giá thành	10000	2000	

References

- [1] Dr. Keeney-Kennicutt. *Average, Standard Deviation, and Relative Standard Deviation*.
- [2] Nguyen Le Y. *Design, Construction and Clinical Test of a homecare device to measure the uroflowmetry characteristic*.
- [3] Thomas W. Sloan. *Safety-cost trade-offs in medical device reuse: a Markov decision process model*.
- [4] Douglas G. Altman J. Martin Bland. *Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement*.
- [5] Nguyễn Văn Tuấn. *Diễn giải kết quả chẩn đoán bằng xác suất*.
- [6] Stephen Martin. *Industrial Organization: A European Perspective Answers to Problems*.
- [7] Stephen Martin. *Advanced Industrial Economics*.
- [8] Steffen H. Hoernig. *Existence of Equilibrium and Comparative Statics in Differentiated Goods Cournot Oligopolies*.
- [9] Thomas W. Sloan. *Safety-cost trade-offs in medical device reuse: a Markov decision process model*.
- [10] David Draper. *Bayesian Modelling, Inference and Prediction*.
- [11] J. Cui P. S. Myles. *Using the Bland–Altman method to measure agreement with repeated measures*.
- [12] Bland JM Altman DG. *Measurement in medicine: the analysis of method comparison studies*.