**Kết Quả Thử Nghiệm Từ Hệ Thống Phoebe: Những Công Thức Tối Ưu Ước Lượng Tuổi và Cân Nặng Thai**

Nguyễn Phước Lộc

Hội Nội Tiết Sinh Sản và Vô Sinh TPHCM, Việt Nam

Hồ Thị Thu Hằng

Bệnh Viện Đa Khoa Vĩnh Long, Vietnam

**Tóm tắt**

Ước lượng tuổi và trọng lượng thai có vai trò quan trọng trong điều trị sản khoa. Hiện có nhiều công thức ước lượng từ sự kết hợp giữa thống kê và ngành sản khoa nhưng mỗi công thức này chỉ tối ưu khi chúng được áp dụng trong một cộng đồng cụ thể. Chúng tôi đã nghiên cứu và phát triển nền tảng Phoebe nhằm hỗ trợ các nhà khoa học tìm ra những công thức chính xác nhất đối với cộng đồng nơi họ thực hiện nghiên cứu. Nay chúng tôi tập trung vào việc thử nghiệm Phoebe để rút ra những công thức ước lượng tối ưu. Nói cách khác, ở đây thể hiện sự đánh giá Phoebe. Nền tảng Phoebe là một phần mềm máy tính lưu trữ tại trang web http://phoebe.locnguyen.net.

**Keywords**: ước lượng tuổi thai, ước lượng cân nặng thai, mô hình hồi quy, công thức ước lượng.

**Giới thiệu**

Ước lượng tuổi thai và trọng lượng thai trước sinh rất cần thiết cho bác sĩ chẩn đoán bệnh lý hoặc các trường hợp bất thường nhằm có điều trị thích hợp (Nguyen & Ho, A framework of fetal age and weight estimation, 2014, p. 20). Chúng tôi áp dụng mô hình hồi quy cho việc ước lượng này. Các số đo siêu âm thai nhi như đường kính lưỡng đỉnh (*bpd*), chu vi đầu (*hc*), chu vi bụng (*ac*), chiều dài xương đùi (*fl*), thể tích cánh tay (*arm\_vol*) và thể tích đùi (*thigh\_vol*) được ghi lại để trở thành dữ liệu (mẫu) đầu vào cho phân tích hồi quy nhằm kết xuất *hàm hồi quy*. Công thức ước lượng tuổi và trọng lượng thai dựa trên số đo siêu âm chính là các hàm này. Các thuật ngữ sau đều có cùng ý nghĩa: *hàm hồi quy*, *hàm*, *mô hình hồi quy*, *hàm ước lượng*, *mô hình ước lượng*, *công thức ước lượng*.

Hiện có nhiều công thức ước lượng từ các nghiên cứu (Hadlock, Harrist, Sharman, Deter, & Park, 1985), (Phan, 1985), (Phạm, 2000), (Ho T. T., Nghiên Cứu Phương Pháp Ước Lượng Trọng Lượng Thai, Tuổi Thai Bằng Siêu Âm Hai và Ba Chiều, 2011), (Shepard, Richards, Berkowitz, Warsof, & Hobbins, 1982), (Campbell & Wilkin, 1975), (Lee, et al., 2009), (Chang, et al., 1997), and (Varol, Saltik, Kaplan, Kilic, & Yardim, 2001), trong đó một số đạt độ chính xác cao nhưng chúng chỉ thích hợp cho những nhóm dân cư hay cộng động nơi nghiên cứu được thực hiện. Nếu các công thức này được áp dụng vào cộng đồng khác như ở Việt Nam, chúng không còn chính xác nữa. Hơn nữa, việc tìm ra công thức mới rất khó khăn và tốn nhiều chi phí về nguồn lực và thời gian. Do đó chúng tôi đã xây dựng và phát triển nền tảng Phoebe (Nguyen & Ho, A framework of fetal age and weight estimation, 2014) nhằm hỗ trợ các bác sĩ lâm sàng và nhà nghiên cứu tìm công thức tối ưu từ việc khai thác Phoebe. Chúng tôi đã sử dụng gói phần mềm thống kê của tác giả Michael Thomas Flanagan (Flanagan, 2004) và gói phần mềm xử lý biểu thức toán học của tác giả Jos de Jong (Jong, 2010) để phát triển Phoebe, trong đó gói phần mềm thống kê là quan trọng nhất. Phoebe được xây dựng bằng ngôn ngữ lập trình Java (Oracle, n.d.).

**Dữ liệu và phương pháp**

Nghiên cứu này tập trung vào thử nghiệm Phoebe với mẫu dữ liệu của chúng tôi để tìm công thức tối ưu dùng ước lượng tuổi và cân nặng thai trước sinh, phù hợp nhất với cộng đồng dân cư nơi chúng tôi thực hiện nghiên cứu. Chúng tôi dùng hai mẫu dữ liệu, trong đó mẫu số đo siêu âm 2 chiều (2D) gồm 1027 trường hợp và mẫu số đo siêu âm 3 chiều (3D) gồm 506 trường hợp. Giáo sư Hồ Thị Thu Hằng và giáo sư Phan Trường Duyệt (Ho & Phan, 2011) đã xây dựng hai mẫu này từ những sản phụ tại bệnh viện Đa Khoa Vĩnh Long - Việt Nam với sự tuân thủ nghiêm ngặt mọi tiêu chuẩn y đức. Các sản phụ và chồng của họ đều là người Việt Nam. Mỗi sản phụ chỉ có một thai còn sống. Tuổi thai từ 28 đến 42 tuần. Thời điểm sinh không quá 48 giờ sau lần siêu âm cuối cùng. Các số đo siêu âm 2D là *bpd*, *hc*, *ac* và *fl*. Các số đo siêu âm 3D là *bpd*, *hc*, *ac*, *fl*, *arm\_vol* và *thigh\_vol*. Đơn vị của *bpd*, *hc*, *ac*, *fl* is mi-li-mét. Đơn vị của *arm\_vol* và *thigh\_vol* là cm3. Đơn vị của tuổi thai là tuần và của cân nặng thai là gram.

Nền tảng Phoebe dùng mô hình hồi quy để ước lượng. Giả sử hàm hồi quy tuyến tính *Y* = *α*0 + *α*1*X*1 + *α*2*X*2 + … + *αnXn* với *Y* là tuổi hoặc cân nặng thai trong khi đó *Xi* là các số đo siêu âm đã được đề cập ở trên. Biến *Y* được gọi là biến đáp ứng, biến tiên lượng hay biến phụ thuộc. Mỗi biến *Xi* được gọi là *biến hồi quy* (regressor) hay biến độc lập. Mỗi *αi* được gọi là hệ số hồi quy. Phần lõi của Phoebe là thuật toán *Hạt Giống Nảy Mầm* (Seed Germination), viết tắt là SG, sẽ trực tiếp tìm những hàm hồi quy tức là công thức ước lượng một cách nhanh nhất và tối ưu. SG là thuật toán thông minh (heuristic) dựa trên hai giả định tối ưu về hàm hồi quy như sau (Nguyen & Ho, A framework of fetal age and weight estimation, 2014, p. 22):

* Giả định thứ nhất: các biến hồi quy *Xi* có xu hướng độc lập lẫn nhau, nghĩa là mỗi cặp *Xi* và *Xj* với *i ≠ j* trong cùng một hàm tối ưu sẽ độc lập lẫn nhau. Điều kiện mở rộng của sự độc lập là “*hệ số tương quan giữa mỗi cặp Xi và Xj nhỏ hơn một ngưỡng δ*”. Đây là *giả định* *cực tiểu*.
* Giả định thứ hai: mỗi biến hồi quy *Xi* đều đóng góp vào chất lượng (độ chính xác) của hàm tối ưu và tỉ lệ đóng góp ấy được định nghĩa là hệ số tương quan giữa *Xi* và giá trị thực của biến đáp ứng *Y*. Tỉ lệ đóng góp càng cao, biến *Xi* tương ứng càng quan trọng. Những biến có tỉ lệ đóng góp cao được gọi là *biến cổ đông*. Vì thế một hàm tối ưu sẽ có nhiều biến cổ đông. Giả định thứ hai được phát biểu rằng “*hệ số tương quan giữa mỗi Xi và giá trị thực của Y lớn hơn một ngưỡng ε*”. Đây là *giả định* *cực đại*.

Thuật toán SG lặp và thử nhiều tổ hợp các biến *Xi* sao cho mỗi tổ hợp thỏa hai giả định trên. Nói cách khác, mỗi tổ hợp có thể tạo thành một hàm hồi quy tối ưu thỏa *cặp điều kiện tối ưu*, như sau (Nguyen & Ho, A framework of fetal age and weight estimation, 2014, p. 22):

* Hệ số tương quan giữa mỗi cặp *Xi* và *Xj* nhỏ hơn ngưỡng *δ* > 0. Đây là *điều kiện cực tiểu* hay *điều kiện độc lập*, tương ứng với giả định cực tiểu.
* Hệ số tương quan giữa mỗi cặp *Xi* và *Y* lớn hơn ngưỡng *ε* > 0. Đây là *điều kiện cực đại* hay *điều kiện đóng góp*, tương ứng với giả định cực đại.

Đặt *VAR =* {*X*1, *X*2,…, *Xn*} là tập tất cả các biến số đo siêu âm. Đặt *f* = *α*0 *+ α*1*X*1 *+ α*2*X*2 *+ … + αkXk* (*k* *n*) là hàm ước lượng và đặt *Re*(*f*) = {*X*1, *X*2,…, *Xk*} là tập các biến của *f*. Giá trị của *f* là tuổi hoặc cân nặng thai và có thể xem *Re*(*f*) đại diện cho chính *f*. Đặt *OPTIMAL* là kết quả cuối cùng của thuật toán SG gồm tất cả các hàm tối ưu. *OPTIMAL* được khởi tạo là tập rỗng. Đặt *Re*(*OPTIMAL*) là tập các biến hồi quy có trong tất cả các hàm tối ưu *f OPTIMAL*. Thuật toán SG gồm 4 bước sau (Nguyen & Ho, A framework of fetal age and weight estimation, 2014, p. 22):

1. Đặt *C* là phần bù của *VAR* với *OPTIMAL*, ta có *C* = *VAR* \ *Re*(*OPTIMAL*). Dấu vạch chéo ngược “\” ký hiệu toán tử bù trong lý thuyết tập hợp. Điều này có nghĩa là *C* thuộc *VAR* nhưng không thuộc *Re*(*OPTIMAL*).
2. Đặt *G* *C* là tập các biến hồi quy thỏa cặp điều kiện tối ưu. Những biến này được lấy từ tập bù *C*. Nếu *G* rỗng, thuật toán dừng; ngược lại tiếp bước 3.
3. Duyệt qua *G* để xác định danh sách ứng cử các hàm tốt. Với mỗi biến hồi quy *X* *G*, đặt *L* là tập hợp của những biến tối ưu và *X* nênta có *L* = *Re*(*f*) {*X*} với *f* *OPTIMAL*. Đặt *CANDIDATE* là danh sách ứng cử các hàm tốt, được khởi tạo rỗng. Đặt *g* là hàm mới được tạo từ *L*; như vậy tập các biến của *g* là *L*, ta có *Re*(*g*) = *L*. Nếu *g* thỏa cặp điều kiện tối ưu, nó được thêm vào *CANDIDATE*, nên ta có *CANDIDATE* = *CANDIDATE* {*g*}.
4. Đặt *BEST* là tập các hàm tốt nhất trích xuất từ *CANDIDATE*. Những hàm này vừa thuộc *CANDIDATE* vừa thỏa tốt nhất cặp điều kiện tối ưu với hệ số tương quan lớn nhất và tổng lỗi nhỏ nhất. Nếu *BEST* bằng *OPTIMAL*, thuật toán dừng, ngược lại gán *OPTIMAL* = *BEST* và trở lại bước 1.

Thuật toán SG đã được mô tả chi tiết trong bài báo “A framework of fetal age and weight estimation” (Nguyen & Ho, A framework of fetal age and weight estimation, 2014, pp. 21-23). Ý tưởng chính của SG là giảm không gian tìm kiếm bằng cách chọn các biến hồi quy thỏa cặp điều kiện tối ưu như là những “hạt giống” và các hàm tối ưu được tạo thành từ những “hạt giống” này. SG luôn tìm ra những hàm tốt nhất nhưng có thể bỏ qua những hàm khá tốt khác. Độ dài của một hàm là số biến hồi quy của nó. Độ lệch tối ưu được định nghĩa là sự khác biệt giữa hai hàm về hệ số tương quan và tổng lỗi trong cặp điều kiện tối ưu. Thuật toán SG dừng khi không thể tìm thêm hàm tối ưu hoặc các biến hồi quy được duyệt hết. Vì thế hàm được tìm ra cuối cùng sẽ dài nhất nhưng những hàm ngắn hơn khác cũng có thể tối ưu với độ lệch không đáng kể.

Phiên bản thi công hiện tại của SG thiết lập ngưỡng cực tiểu *δ* dương bất kỳ. SG cũng hỗ trợ các mô hình hồi quy phi tuyến như sau:

|  |  |
| --- | --- |
| Mô hình đa thức |  |
| Mô hình lô-ga-rít |  |
| Mô hình hàm mũ |  |
| Mô hình hàm tích |  |

Ký hiệu “exp” và “log” biểu diễn hàm mũ và hàm lô-ga-rít tự nhiên. Hầu hết mô hình hồi quy phi tuyến được biến đổi thành mô hình tuyến tính. Ví dụ, mô hình hàm tích được biến đổi tuyến tính như sau:

Đặt,

Mô hình hàm tích trở thành mô hình tuyến tính quen thuộc với các biến *U*, *Zi* và những hệ số *βi* như sau:

Tóm lại, với thuật toán thông minh SG, nền tảng Phoebe có thể được sử dụng cho bất kỳ ứng dụng hồi quy khác bên cạnh ứng dụng ước lượng tuổi và cân nặng thai – vấn đề chính của nghiên cứu này.

**Experimental Results**

Nền tảng Phoebe luôn tìm ra công thức tối ưu khi so sánh với các công thức khác theo hai tiêu chuẩn là hệ số tương quan (*R*) và khoảng lỗi. Chúng tôi dùng hai mẫu dữ liệu 2D và 3D đã được đề cập ở trên (Ho & Phan, Ước lượng cân nặng của thai từ 37 – 42 tuần bằng siêu âm 2 chiều, 2011), (Ho & Phan, 2011). Các mẫu được thu thập tại bệnh viện đa khoa Vĩnh Long – Việt Nam. Đặt *Y* = {*y*1, *y*2, *yn*} là tập tuổi/cân nặng thai từ mẫu dữ liệu và *Z* = {*z*1, *z*2, *zn*} là tập tuổi/cân nặng thai từ ước lượng. Hệ số tương quan ước lượng *R* là hệ số tương quan giữa *Y* và *Z*, thể hiện độ tương thích với cộng đồng dân cư của công thức ước lượng. *R* càng lớn thì công thức càng tốt.

Lỗi ước lượng *di* là độ lệch giữa *zi* and *yi*.

Trung bình lỗi *µ* thể hiện sự chính xác của công thức ước lượng. Công thức càng chính xác khi *µ* càng nhỏ. Nếu *µ* dương, công thức dễ cho ra kết quả ước lượng vượt mức. Nếu *µ* âm, công thức có xu hướng ước lượng thấp.

Độ lệch chuẩn lỗi *σ* thể hiện sự ổn định của công thức. Công thức càng ổn định khi *σ* càng nhỏ.

*Khoảng lỗi* là sự kết hợp giữa trung bình lỗi *µ* và độ lệch chuẩn lỗi *σ*. Ví dụ, nếu *µ* = -0.0292 và *σ* = 1.45 thì khoảng lỗi là -0.0292±1.45, nghĩa là sai số của giá trị ước lượng tuổi/cân nặng thai dao động từ -1.4792 = -0.0292-1.45 to 1.4208 = -0.0292+1.45. Khoảng lỗi thể hiện toàn diện nhất độ chính xác của công thức.

Bảng 2 so sánh công thức của chúng tôi về ước lượng tuổi thai với các công thức khác theo dữ liệu mẫu 2D. Quy ước rằng tên của công thức chính là tên của tác giả tương ứng sẽ được liệt kê trong phần tham khảo. Ví dụ, công thức “Ho 1” là công thức đầu tiên của tác giả Ho (Ho T. T., Nghiên Cứu Phương Pháp Ước Lượng Trọng Lượng Thai, Tuổi Thai Bằng Siêu Âm Hai và Ba Chiều, 2011). Trong bảng 2, công thức chúng tôi tốt nhất với *R*=0.9303 và khoảng lỗi -0.0292±1.4500 tuần. Theo quy ước, tên của công thức chúng tôi có tiền tố “NH”.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Công thức* | *Biểu thức* | *R* | *Khoảng lỗi* |
| **NH 1** | log(*age*) = 2.419638 + 0.002012 \* *bpd* + 0.000934 \* *hc* + 0.00547 \* *fl* + 0.001042 \* *cvb* | 0.9303 | -0.0292±1.4500 |
| **NH 2** | *age* = -3.364759 + 0.056285 \* *bpd* + 0.034697 \* *hc* + 0.188156 \* *fl* + 0.035304 \* *cvb* | 0.9285 | 0±1.4682 |
| Ho 1 | *age* = 331.022308 - 1.611774 \* (*hc* + *ac*) + 0.00278 \* ((*hc* + *ac*)^2) - 0.000002 \* ((*hc* + *ac*)^3) | 0.9212 | 0±1.5384 |
| Varol 6 | *age* = 11.769 + 1.275 \* *fl*/10 + 0.449 \* ((*fl*/10)^2) - 0.02 \* ((*fl*/10)^3) | 0.8949 | -1.6807±1.8525 |
| Varol 1 | *age* = 5.596 + 0.941 \* *ac*/10 | 0.8941 | -0.5683±1.7711 |
| Varol 5 | *age* = 1.863 + 6.280 \* *fl*/10 - 0.211 \* ((*fl*/10)^2) | 0.8934 | -1.5182±2.1150 |

**Bảng 2.** So sánh ước lượng tuổi thai với mẫu 2D.

Kí hiệu “^” biểu diễn hàm mũ. Các biểu thức được ghi chú rất mềm dẻo để có thể trở thành đầu vào của bất kỳ công cụ tính toán. Bảng 3 so sánh công thức của chúng tôi về ước lượng cân nặng thai với các công thức khác theo dữ liệu mẫu 2D. Trong bảng 3, công thức chúng tôi tốt nhất với *R*=0.9636 và khoảng lỗi -7.4656±212.5573 gram.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Công thức* | *Biểu thức* | *R* | *Khoảng lỗi* |
| **NH 3** | log(*weight*) = -10.047381 + 1.94864 \* log(*bpd*) + 0.263745 \* log(*hc*) + 0.601972 \* log(*fl*) + 0.905524 \* log(*cvb*) | 0.9636 | -7.4656±212.5573 |
| **NH 4** | log(*weight*) = 3.957543 + 0.02373 \* *bpd* + 0.000802 \* *hc* + 0.009403 \* *fl* + 0.003157 \* *cvb* | 0.9635 | -6.0901±214.1153 |
| Sherpard | *weight* = 10^(1.2508 + 0.166 \* *bpd*/10 + 0.046 \* *ac*/10 - 0.002646 \* *ac* \* *bpd*/100) | 0.9619 | -65.8121±219.0392 |
| Ho 2 | *weight* = 10^(1.746 + 0.0124 \* *bpd* + 0.001906 \* *ac*) | 0.9602 | -11.5576±223.5124 |
| Hadlock | *weight* = 10^(1.304 + 0.05281 \* *ac*/10 + 0.1938 \* *fl*/10 - 0.004 \* *ac* \* *fl*/100) | 0.9395 | -76.4960±272.9474 |
| Campbell & Wilkin | *weight* = 1000 \* exp(-4.564 + 0.282 \* *ac*/10 - 0.00331 \* *ac* \* *ac*/100) | 0.9215 | 68.1261±308.5728 |

**Bảng 3.** So sánh ước lượng cân nặng thai với mẫu 2D.

Bảng 4 so sánh công thức của chúng tôi về ước lượng tuổi thai với các công thức khác theo dữ liệu mẫu 3D. Trong bảng 4, công thức chúng tôi tốt nhất với *R*=0.9970 và khoảng lỗi ±0.2696 tuần.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Công thức* | *Biểu thức* | *R* | *Khoảng lỗi* |
| **NH 5** | *age* = 20.759763 + 0.170859 \* (*thigh\_vol* + *arm\_vol*) - 0.000545 \* ((*thigh\_vol* + *arm\_vol*)^2) + 0.000001 \* ((*thigh\_vol* + *arm\_vol*)^3) | 0.9970 | 0±0.2696 |
| **NH 6** | *age* = 21.816252 + 0.137531 \* (*thigh\_vol* + *arm\_vol*) - 0.000228 \* ((*thigh\_vol* + *arm\_vol*)^2) | 0.9969 | 0±0.2752 |
| Ho 3 | *age* = 21.1148 + 0.2381 \* *thigh\_vol* - 0.001 \* (*thigh\_vol*^2) + 0.000002 \* (*thigh\_vol*^3) | 0.9960 | -0.0150±0.3173 |
| Ho 4 | *age* = 167.079079 - 1.553705 \* *ac* + 0.005559 \* (*ac*^2) - 0.000006 \* (*ac*^3) | 0.8482 | 0.3723±1.8985 |

**Bảng 4.** So sánh ước lượng tuổi thai với mẫu 3D.

Bảng 5 so sánh công thức của chúng tôi về ước lượng cân nặng thai với các công thức khác theo dữ liệu mẫu 3D. Trong bảng 5, công thức chúng tôi tốt nhất với *R*=0.9708 và khoảng lỗi -0.0001 ± 180.9803 gram.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Công thức* | *Biểu thức* | *R* | *Khoảng lỗi* |
| **NH 7** | *weight* = -3617.936175 + 0.513171 \* *hc* + 1.960176 \* *ac* + 39.804645 \* *bpd* + 17.016936 \* *fl* + 8.366404 \* *thigh\_vol* + 5.828808 \* *arm\_vol* | 0.9708 | -0.0001±180.9803 |
| **NH 8** | *weight* = -3626.314419 + 43.426744 \* *bpd* + 23.645338 \* *fl* + 11.414273 \* *thigh\_vol* | 0.9698 | 0±184.0439 |
| Ho 5 | *weight* = -3306 + 55.477 \* *bpd* + 13.483 \* *thigh\_vol* | 0.9663 | -0.0072±194.0956 |
| Lee 3 | *weight* = exp(0.5046 + 1.9665 \* log(*bpd*/10) - 0.3040 \* (log(*bpd*/10)^2) + 0.9675 \* log(*ac*/10) + 0.3557 \* log(*arm\_vol*)) | 0.9620 | 247.8761±206.1607 |
| Lee 5 | *weight* = exp(2.1264 + 1.1461 \* log(*ac*/10) + 0.4314 \* log(*thigh\_vol*)) | 0.9514 | 289.2660±234.0763 |
| Lee 2 | *weight* = exp(-3.6138 + 4.6761 \* log(*ac*/10) - 0.4959 \* (log(*ac*/10)^2) + 0.3795 \* log(*arm\_vol*)) | 0.9472 | 316.4974±242.7964 |
| Ho 6 | *weight* = -882.7049 + 73.9955 \* *thigh\_vol* - 0.497 \* (*thigh\_vol*^2) + 0.0014 \* (*thigh\_vol*^3) | 0.9385 | -7.5001±260.4596 |
| Lee 4 | *weight* = exp(4.7806 + 0.7596 \* log(*thigh\_vol*)) | 0.9298 | 737.4932±344.1904 |
| Lee 1 | *weight* = exp(4.9588 + 1.0721 \* log(*arm\_vol*) - 0.0526 \* (log(*arm\_vol*)^2)) | 0.9281 | 867.0836±309.5779 |
| Chang | *weight* = 1080.8735 + 22.44701 \* *thigh\_vol* | 0.9229 | 456.5168±298.2517 |

**Bảng 5.** So sánh ước lượng cân nặng thai với mẫu 3D.

Khi nghiên cứu phần siêu âm 3D trong luận văn tiến sĩ của giáo sư Hồ Thị Thu Hằng (Ho T. T., Nghiên Cứu Phương Pháp Ước Lượng Trọng Lượng Thai, Tuổi Thai Bằng Siêu Âm Hai và Ba Chiều, 2011), tôi nhận thấy cân nặng thai và tuổi thai có sự phụ thuộc lẫn nhau. Cụ thể, cân nặng thai tăng khi tuổi thai tăng. Kết quả là ước lượng cân nặng thai sẽ cải thiện đáng kể nếu biết trước tuổi thai. Nếu tuổi thai trở thành một biến trong hàm hồi quy của cân nặng thai thì ta có *công thức đối ngẫu* để ước lượng cân nặng thai còn chính xác hơn những công thức tốt nhất trong bảng 3 và 5. Công thức đối ngẫu không những chính xác mà còn dễ áp dụng bởi vì nhiều sản phụ biết tuổi thai của họ trước khi khám siêu âm. Với dữ liệu mẫu 2D và 3D, bảng 6 so sánh công thức đối ngẫu của chúng tôi về ước lượng cân nặng thai với các công thức tốt nhất vốn đã được liệt kê trong bảng 3 và 5. Tiêu chuẩn so sánh vẫn là *R* và khoảng lỗi. Quy ước rằng tên công thức đối ngẫu có tiền tố “NHD”. Ký hiệu “log10” biểu diễn hàm lô-ga-rít cơ số 10.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Công thức* | *Biểu thức* | *R* | *Khoảng lỗi* |
| **NHD 1**  (mẫu 2D) | log10(*weight*) = -3.715073 + 1.873457 \* log10(*bpd*) + 0.363783 \* log10(*fl*) + 0.691683 \* log10(*cvb*) + 0.722245 \* log10(*age*) | 0.9674 | -5.6422 ± 202.0395 |
| **NHD 2**  (mẫu 2D) | log10(*weight*) = -3.761798 + 2.001731 \* log10(*bpd*) + 0.811078 \* log10(*cvb*) + 0.826279 \* log10(*age*) | 0.9667 | -5.6111 ± 204.1477 |
| **NHD 3**  (mẫu 3D) | *weight* = -4988.000528 + 66.374156 \* *age* + 0.370084 \* *hc* + 1.943247 \* *cvb* + 39.464816 \* *bpd* + 13.215505 \* *fl* + 3.658463 \* *thigh\_vol* | 0.9715 | 0 ± 178.8091 |
| **NHD 4**  (mẫu 3D) | *weight* = -4982.099978 + 68.089354 \* *age* + 2.001675 \* *cvb* + 39.85375 \* *bpd* + 13.229377 \* *fl* + 3.619405 \* *thigh\_vol* | 0.9714 | 0 ± 178.9114 |
| NH 3  (mẫu 2D) | log(*weight*) = -10.047381 + 1.94864 \* log(*bpd*) + 0.263745 \* log(*hc*) + 0.601972 \* log(*fl*) + 0.905524 \* log(*cvb*) | 0.9636 | -7.4656±212.5573 |
| NH 4  (mẫu 2D) | log(*weight*) = 3.957543 + 0.02373 \* *bpd* + 0.000802 \* *hc* + 0.009403 \* *fl* + 0.003157 \* *cvb* | 0.9635 | -6.0901±214.1153 |
| NH 7  (mẫu 3D) | *weight* = -3617.936175 + 0.513171 \* *hc* + 1.960176 \* *ac* + 39.804645 \* *bpd* + 17.016936 \* *fl* + 8.366404 \* *thigh\_vol* + 5.828808 \* *arm\_vol* | 0.9708 | -0.0001±180.9803 |
| NH 8  (mẫu 3D) | *weight* = -3626.314419 + 43.426744 \* *bpd* + 23.645338 \* *fl* + 11.414273 \* *thigh\_vol* | 0.9698 | 0±184.0439 |

**Bảng 6.** Ước lượng cân nặng với công thức đối ngẫu.

Trong bảng 6, tất cả công thức đối ngẫu NHD \* đều tốt hơn những công thức thông thường NH \* theo tiêu chí *R* và khoảng lỗi. Hơn nữa, NHD \* không cần quá nhiều biến hồi quy. Với mẫu 2D, NHD 1 và NHD 2 lần lượt dùng 4 và 3 biến hồi quy kể luôn biến tuổi thai trong khi đó NH 3 và NH 4 đều dùng 4 biến hồi quy. Với mẫu 3D, NHD 3 và NHD 4 lần lượt dùng 6 và 5 biến hồi quy kể luôn biến tuổi thai trong khi đó NH 7 và NH 8 lần lượt dùng 5 và 3 biến hồi quy.

Mặc dù công thức chúng tôi tốt nhất với độ tương thích cao (*R* lớn) và độ chính xác cao (khoảng lỗi nhỏ) nhưng các nghiên cứu của những nhà khoa học khác vẫn luôn rất quan trọng vì công thức của họ đơn giản và dễ dùng. Hơn nữa, công thức chúng tôi không mang tính toàn cục vì nếu áp dụng chúng vào cộng đồng dân cư khác thì độ chính xác có thể giảm, có thể kém những công thức truyền thống như của Sherpard và Hadlock. Tuy nhiên có thể kết luận từ kết quả thử nghiệm rằng nếu dùng Phoebe với mẫu dữ liệu khác thì luôn được công thức ưu việt cho chính mẫu đó. Để đạt sự tối ưu toàn cục với nền tảng Phoebe, chúng tôi có hai đề xuất then chốt sau:

* Thử nghiệm Phoebe trên nhiều mẫu dữ liệu.
* Thêm nhiều hơn tri thức về sản khoa và kỹ thuật siêu âm vào nền tảng Phoebe. Những tri thức bổ sung này sẽ được mô tả thành các ràng buộc trong thuật toán SG.

Hai đề xuất trên vượt ra ngoài nghiên cứu này. Theo tôi, chúng ta không thể đạt tối ưu toàn cục một cách tuyệt đối vì Phoebe tập trung vào tối ưu cục bộ với cộng đồng dân cư cụ thể. Chính xác hơn, hai đề xuất chỉ giảm nhẹ nhược điểm của thuật toán SG.

**Kết luận**

Từ kết quả thử nghiệm, Phoebe luôn kết xuất công thức ước lượng tối ưu với độ tương thích và độ chính xác cao; vui lòng xem các bảng 2, 3, 4 và 5 để xem lại chi tiết những công thức này. Tuy nhiên nhược điểm trong nghiên cứu của chúng tôi là thuật toán SG có thể bỏ qua một số công thức tốt do cặp điều kiện tối ưu. Giải pháp được đề nghị là thêm ràng buộc vào cặp điều kiện này; vui lòng đọc bài báo “A framework of fetal age and weight estimation” (Nguyen & Ho, A framework of fetal age and weight estimation, 2014, pp. 24-25) để biết thêm chi tiết.

Các công thức của chúng tôi phức tạp để đạt độ chính xác cao nên thật sự khó tính nhanh chúng. Trong tương lai chúng tôi sẽ nhúng các công thức này vào phần mềm hay phần cứng của máy siêu âm sao cho người dùng dễ đọc kết quả ước lượng từ máy. Nền tảng Phoebe được đăng tải tại trang web http://phoebe.locnguyen.net để các bác sĩ và nhà nghiên cứu dễ dàng trải nghiệm. Chúng tôi chưa biết mức độ phổ biến của Phoebe nhưng chúng tôi đã giới thiệu Phoebe tại hội nghị khoa học thường niên của Hội Nội Tiết Sinh Sản và Vô Sinh TPHCM (HOSREM) vào 26/11/2016 tại Việt Nam cùng với hai bài báo khoa học tập trung vào Phoebe là “A framework of fetal age and weight estimation” (Nguyen & Ho, A framework of fetal age and weight estimation, 2014) và “Experimental Results of Phoebe Framework: Optimal Formulas for Estimating Fetus Weight and Age” (Nguyen & Ho, Experimental Results of Phoebe Framework: Optimal Formulas for Estimating Fetus Weight and Age, 2017).

**Lời cảm ơn**

Chúng tôi bày tỏ sự cảm ơn sâu sắc đối với tác giả Michael Thomas Flanagan – University College London và tác giả Jos de Jong đã cung cấp cho chúng tôi những gói phần mềm máy tính quý giá, giúp chúng tôi xây dựng và phát triển nền tảng Phoebe.

**Tham khảo**

Campbell, S., & Wilkin, D. (1975, September). Ultrasonic measurement of fetal abdomen circumference in the estimation of fetal weight. *BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology, 82*(9), 689-697. Retrieved from https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1101942

Chang, F.-M., Liang, R.-I., Ko, H.-C., Yao, B.-L., Chang, C.-H., & Yu, C.-H. (1997, September). Three-dimensional ultrasound-assessed fetal thigh volumetry in predicting birth weight. *Obstetrics & Gynecology, 90*(3), 331-339. doi:10.1016/S0029-7844(97)00280-9

Flanagan, M. T. (2004, May 2). Java Scientific Library. *Michael Thomas Flanagan's Java Scientific Library*. (M. T. Flanagan, Ed.) London, Enland, UK: University College London. Retrieved from http://www.ee.ucl.ac.uk/~mflanaga/java

Hadlock, F. P., Harrist, R. B., Sharman, R. S., Deter, R. L., & Park, S. K. (1985, February 1). Estimation of fetal weight with use of head, body and femur measurements: A prospective study. *American Journal of Obstetrics and Gynecology, 151*(3), 333-337. doi:10.1016/0002-9378(85)90298-4

Ho, T. T. (2011). *Nghiên Cứu Phương Pháp Ước Lượng Trọng Lượng Thai, Tuổi Thai Bằng Siêu Âm Hai và Ba Chiều.* Hanoi Univerisy of Medicine. Hanoi: Hanoi Univerisy of Medicine. Retrieved 2011

Ho, T. T., & Phan, D. T. (2011, December). Ước lượng cân nặng của thai từ 37 – 42 tuần bằng siêu âm 2 chiều. (D. Thai, Ed.) *Journal of Practical Medicine, 12*(797), 8-9.

Ho, T.-H. T., & Phan, D. T. (2011, December). Ước lượng tuổi thai qua các số đo thể tích cánh tay bằng siêu âm 3 chiều và các số đo bằng siêu âm 2 chiều. (D. Thai, Ed.) *Journal of Practical Medicine, 12*(798), 12-15.

Jong, J. d. (2010, January 31). A Java expression parser. *A Java expression parser*. Rotterdam, Netherlands: SpeQ Mathematics. Retrieved 2011, from http://www.speqmath.com/tutorials/expression\_parser\_java

Lee, W., Balasubramaniam, M., Deter, R. L., Yeo, L., Hassan, S. S., Gotsch, F., . . . Romero, R. (2009, November 1). New fetal weight estimation models using fractional limb volume. (M. A. Zoppi, Ed.) *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology, 34*(5), 556-565. doi:10.1002/uog.7327

Nguyen, L., & Ho, H. (2014, March 30). A framework of fetal age and weight estimation. (B. S. Shetty, J. Morales, a. badawy, C. Mowa, K. K. Shukla, T. Chen, . . . G. Androutsopoulos, Eds.) *Journal of Gynecology and Obstetrics (JGO), 2*(2), 20-25. doi:10.11648/j.jgo.20140202.13

Nguyen, L., & Ho, T.-H. T. (2017, March 13). Experimental Results of Phoebe Framework: Optimal Formulas for Estimating Fetus Weight and Age. (H. J. Shaji, M. C. Portillo, & M. M. Zdanowicz , Eds.) *Journal of Community & Public Health Nursing, 3*(2), 1-5. doi:10.4172/2471-9846.1000163

Oracle. (n.d.). *Java language*. (Oracle Corporation) Retrieved December 25, 2014, from Java website: https://www.oracle.com/java

Phạm, T. T. (2000). *Ước lượng cân nặng thai nhi qua các số đo của thai trên siêu âm.* Ho Chi Minh University of Medicine and Pharmacy. Ho Chi Minh: Ho Chi Minh University of Medicine and Pharmacy.

Phan, D. T. (1985). *Ứng dụng siêu âm để chẩn đoán tuổi thai và cân nặng thai trong tử cung.* Hanoi University of Medicine. Hanoi: Hanoi University of Medicine.

Shepard, J. M., Richards, A. V., Berkowitz, L. R., Warsof, L. S., & Hobbins, C. J. (1982, January 1). An evaluation of two equations for predicting fetal weight by ultrasound. *American Journal of Obstetrics and Gynecology, 142*(1), 47-54. Retrieved from https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7055171

Varol, F., Saltik, A., Kaplan, P. B., Kilic, T., & Yardim, T. (2001, June). Evaluation of Gestational Age Based on Ultrasound Fetal Growth Measurements. (J.-W. Park, Ed.) *Yonsei Medical Journal, 42*(3), 299-303. doi:10.3349/ymj.2001.42.3.299