ECONOMIC CALCULATIONS OF THERMAL POWER PLANTS USING LIQUEFIED NATURAL GAS (LNG) AND COAL

TÍNH TOÁN KINH TẾ NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN SỬ DỤNG KHÍ THIÊN NHIÊN HÓA LỎNG (LNG) VÀ THAN

Lê Chí Kiên[1], Lê Thị Thủy Tiên[2]

[1]*Hochiminh City University of Technology and Education, Vietnam; kienlc@hcmute.edu.vn*

[2] *Tien Giang Power Company; tienpctg@gmail.com*

Abstract – The paper presents the results of estimation of least squares and genetic algorithm for simple and effective methods. One of the most important issues in solving the economic problem of coal or gas- thermal power plants is to have an accurate estimate of the input-output curve coefficients of the thermal unit . The accuracy of the estimated coefficients adversely affects the accuracy of the sending process. Therefore, it is important to use an accurate and reliable estimation technique to estimate the input-output curve coefficients. The most effective method to solve these problems is the least squares method.

Keywords –Least squares; Genetic algorithm; Estimation; Input – output curve coefficients; Thermal power plants.

Tóm tắt– Bài báo trình bày so sánh kết quả của tính sai số ước tính theo phương pháp bình phương bé nhất và theo giải thuật di truyền để lựa chọn phương pháp đơn giản và hiệu quả. Một trong những vấn đề quan trọng nhất trong việc giải quyết bài toán kinh tế của nhà máy nhiệt điện sử dụng nhiên liệu than và khí là có một ước tính chính xác cho các hệ số đường cong đầu vào-đầu ra của đơn vị nhiệt. Sự chính xác của các hệ số ước tính ảnh hưởng bất lợi đến kết quả độ chính xác của quá trình gửi đi. Do đó, nó rất quan trọng để sử dụng ước tính chính xác và đáng tin cậy kỹ thuật ước tính các hệ số đường cong đầu vào - đầu ra. Phương pháp hữu hiệu để giải các bài toán trên là phương pháp bình phương bé nhất.

Từ khóa –Phương pháp bình phương bé nhất; Giải thuật di truyền; Ước tính; Hệ số đường cong đầu vào – đầu ra; Nhà máy nhiệt điện

1.Mô hình biểu diễn chức năng chí phí nhiên liệu không trơn:

Mục tiêu chính trong hoạt động của bất kỳ hệ thống điện nào là để đáp ứng nhu cầu về năng lượng với chi phí thấp nhất có thể, trong khi duy trì an toàn và độ tin cậy. Một trong những lĩnh vực liên quan đến chủ đề vận hành tối ưu hệ thống điện là bài toán tải trọng kinh tế.

Một trong những vấn đề quan trọng nhất trong việc giải quyết bài toán kinh tế là có một ước tính chính xác cho các hệ số đường cong đầu vào-đầu ra của đơn vị nhiệt. Sự chính xác của các hệ số ước tính ảnh hưởng bất lợi đến kết quả độ chính xác của quá trình gửi đi. Do đó, nó rất quan trọng để sử dụng ước tính chính xác và đáng tin cậy kỹ thuật ước tính các hệ số đường cong đầu vào - đầu ra. Có hai mô hình biểu diễn chức năng nhiên liệu. Mô hình đầu tiên là mô hình trơn tru, trong khi khác là mô hình không trơn tru. Một số phương pháp đã được đề xuất để giải quyết nhiều các vấn đề ước lượng trong hệ thống điện. Một trong số đó kỹ thuật dựa trên kỹ thuật ước lượng tĩnh chẳng hạn như giá trị sai số nhỏ nhất và ít nhất là giá trị tuyệt đối, trong khi những người khác dựa trên các kỹ thuật ước tính động như bộ lọc Kalman. Lọc Kalman nhằm ước lượng giá trị đích thực của một cái gì đó, bằng cách dự đoán giá trị của nó và tính độ tin cậy (hay độ bất định) của dự đoán đó, đồng thời đo đạc giá trị (nhưng bị sai số vì có các nhiễu), sau đó lấy một trung bình có trọng giữa giá trị dự đoán và giá trị đo đạc

được, làm giá trị ước lượng. Có thể coi nó là một trường hợp của "suy diễn có điều kiện kiểu bayes" Các thuộc tính cơ bản của bộ lọc Kalman được bắt nguồn từ các yêu cầu của ước lượng trạng thái.

Các đơn vị phát điện với tuabin hơi đa van thể hiện sự thay đổi lớn hơn trong các chức năng nhiên liệu. Thông thường, các hiệu ứng điểm van tạo ra nhiệt dạng gợn sóng đường cong tỷ lệ. Lúc này, chức năng nhiên liệu được mô hình hóa bằng cách thêm một thuật ngữ hình sin. Hàm chi phí mới trở thành:

$$F_i(P_{ti}) = \left| e_i \sin(f_i(P_{i,\min} - P_i)) \right| + a_{0i} + \sum_{j=i}^{L} a_{ji} P_{ti}^{j} + r_i$$

, i=1,....,N (1)

trong đó e_i và f_i là hệ số chi phí nhiên liệu của đơn vị với các hiệu ứng điểm van.

Việc sử dụng chức năng không trơn sẽ làm tăng tính chính xác của kết quả bài toán kinh tế, nhưng đồng thời tăng thêm gánh nặng cho quá trình tính toán.

Ba mô hình [6] khác nhau được xem xét để kiểm tra hiệu suất của phương pháp:

Mô hình 1: với j=1

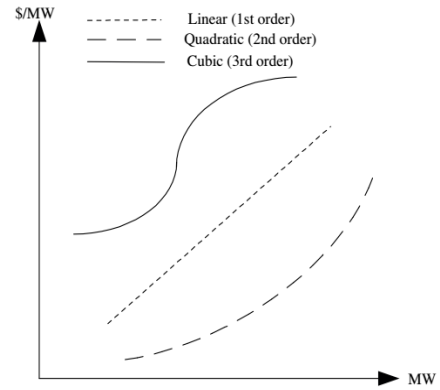
$$F_i(P_{ti}) = a_{0i} + a_{1i} P_{ti} + r \quad (2)$$

Mô hình 2: với j=2

$$F_i(P_{ti}) = a_{0i} + a_{1i} P_{ti} + a_{2i} P_{ti}^2 + r \quad (3)$$

Mô hình 3: với j=3

$$F_i(P_{ti}) = a_{0i} + a_{1i} P_{ti} + a_{2i} P_{ti}^2 + a_{3i} P_{ti}^3 + r \quad (4)$$



Hình 1 *Ba loại đường cong hàm chi phí nhiên liệu*

Đưa ra quan hệ đầu ra đầu vào (F – P) cho mỗi máy phát điện nhiệt (i), sau đó cho bất kỳ một trong ba mô hình, một hệ thống phương trình rời rạc ở dạng không gian trạng thái có thể được viết như sau

$$Z(k) = H(k)X(k) + r(k) \quad (5)$$

Trong đó

Z (k) là một vector chi phí nhiên liệu;

X (k) là tham số vector được ước tính;

r (k) là vector sai số liên quan với F;

H (k) là một vectơ hàng liên quan F đến X.

Đối với ba mô hình được sử dụng được viết lại như sau:

Mô hình 1:

$H = [1 \quad P_{ti}(k)]$ (6)

$X = [a_{0i} \quad a_{1i}]^T$

Mô hình 2:

$H = [1 \quad P_{ti}(k) \quad P_{ti}^2(k)]$ (7)

$X = [a_{0i} \quad a_{1i} \quad a_{2i}]^T$

Mô hình 3:

$H = [1 \quad P_{ti}(k) \quad P_{ti}^2(k) \quad P_{ti}^3(k)]$ (8)

$X = [a_{0i} \quad a_{1i} \quad a_{2i} \quad a_{3i}]^T$

Ở đây k đại diện cho số lượng phép đo. Điều này có nghĩa là nếu chúng ta có số đo k, điều đó liên quan đến F đến P, khi đó tất cả các tham số vector sẽ là k*1 ngoại trừ vector H nó sẽ là 1*k. Các phương trình k đại diện cho các giá trị thực tế cho (Thực tế) tạo thành phép đo ma trận. Chương trình GA được sử dụng để tìm ước tính cho ẩn số (X) của phương trình (5). Những ước tính này được sử dụng để tính lại hàm nhiên liệu (Ước tính) của phương trình (5) tại mỗi bước thời gian. Sau đó, sai số ở mỗi bước (k) có thể được tính như sau [6]:

r (k) = F (k) (thực tế) - F (k) (ước tính)

, i = 1, 2, 3, ..., K (9)

Bây giờ, vấn đề được xây dựng và có thể được nêu rõ ràng là "tìm ước tính cho vectơ tham số X (k), cho bất kỳ mô hình nào, để giảm thiểu vector sai số r (k) ".

2. Phương pháp bình phương bé nhất

Trong toán học cũng như trong thực tế ta thường gặp các bài toán liên quan đến khảo sát và tính giá trị của hàm y = f(x) nào đó. Tuy nhiên trong thực tế không phải lúc nào ta cũng xác đinh được sẵn hàm số mà chỉ nhận được các dữ kiện rời rạc x_i tương ứng với giá trị y_i. Vấn đề đặt ra là xác định giá trị của hàm tại các điểm còn lại. Một trong các cách làm đó là ta đi xác định biểu thức hàm f(x). Có rất nhiều lớp các bài toán thực tế mà qua khảo sát người ta xác định được nó có dạng tuyến tính như y = ax+b, $y = ax^2 + bx + c$, một trong các phương pháp hữu hiệu để giải các bài toán trên là phương pháp bình phương bé nhất.

Giả sử có 2 đại lượng (vật lý, hoá học, …) x và y có liên hệ phụ thuộc nhau theo một trong các dạng đã biết sau [8]:

$$\left.\begin{array}{l} y = a.x + b \\ y = a + bx + cx^2 \\ y = a + b\cos x + c\sin x \end{array}\right\} tuyentinh$$

$$\left.\begin{array}{l} y = ae^{bx} \\ y = a.x^b \end{array}\right\} phituyen$$

Nhưng chưa xác định được giá trị của các tham số a, b, c. Để xác định được các tham số này, ta tìm cách tính một số cặp giá trị tương ứng (x_i, y_i), i=1, 2, …,n bằng thực nghiệm, sau đó áp dụng phương pháp bình phương bé nhất.

**** Trường hợp: y = ax + b***

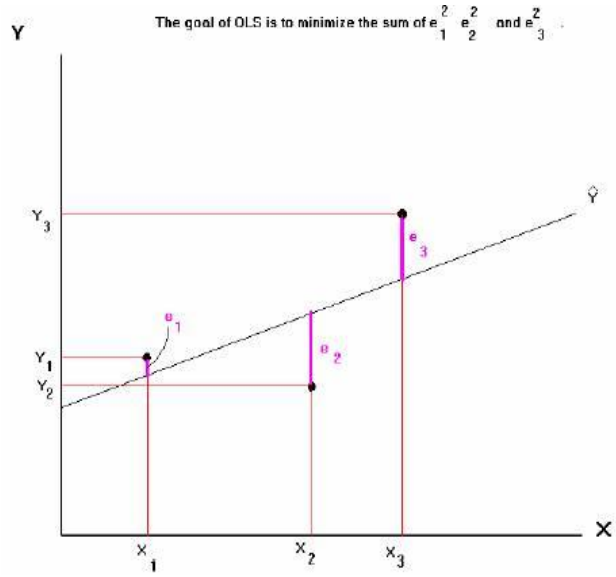
Vì các cặp số (x_1,y_1), (x_2, y_2), … , (x_n, y_n) nhận được từ thí nghiệm chỉ là những giá trị gần đúng của x, y nên chúng không hoàn toàn là nghiệm đúng của phương trình

y = ax + b

Gọi ε_i sai số tại các điểm x_i

$$\varepsilon_i = y_i - a - bx_i$$

Minh họa ε_i lên đồ thị:



Hình 2 *Đồ thị* ε_i

Khi đó tổng bình phương các sai số:

$$S = \sum_{i=1}^{n} \varepsilon_i$$

Mục đích của phương pháp này là xác định a, b sao cho S là bé nhất. Như vậy a, b là nghiệm hệ phương trình:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial S}{\partial a} = 0 \\ \dfrac{\partial S}{\partial b} = 0 \end{cases}$$

Ta có

$$S = \sum (y_i^2 + a^2 + b^2 x_i^2 - 2ay_i - 2bxy_i + 2abx_i)$$

$$\frac{\partial S}{\partial a} = \sum_{i=1}^{n} (2a - 2y_i + 2bx_i)$$

$$\frac{\partial S}{\partial b} = \sum_{i=1}^{n} (2bx_i^2 - 2x_i y_i + 2ax_i)$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} na + b\sum_{i=1}^{n} x_i = \sum_{i=1}^{n} y_i \\ a\sum_{i=1}^{n} x_i + b\sum_{i=1}^{n} x_i^2 = \sum_{i=1}^{n} x_i y_i \end{cases} \quad (10)$$

Giải hệ phương trình ta được: a, b

**** Trường hợp y = a + bx + cx²***

Gọi ε_i sai số tại các điểm x_i

$$\varepsilon_i = y_i - a - bx_i$$

Khi đó tổng bình phương các sai số:

$$S = \sum_{i=1}^{n} \varepsilon_i^2$$

Các hệ số a, b, c xác định sao cho S là bé nhất. Như vậy a, b, c là nghiệm của hệ phương trình:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial S}{\partial a} = 0 \\ \dfrac{\partial S}{\partial b} = 0 \\ \dfrac{\partial S}{\partial c} = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} na + b\sum_{i=1}^{n} x_i + c\sum_{i=1}^{n} x_i^2 = \sum_{i=1}^{n} y_i \\ a\sum_{i=1}^{n} x_i + b\sum_{i=1}^{n} x_i^2 + c\sum_{i=1}^{n} x_i^3 = \sum_{i=1}^{n} x_i y_i \\ a\sum_{i=1}^{n} x_i^2 + b\sum_{i=1}^{n} x_i^3 + c\sum_{i=1}^{n} x_i^4 = \sum_{i=1}^{n} x_i^2 y_i \end{cases} \quad (11)$$

Giải hệ phương trình ta được a, b, c

Lập bảng dạng sau:

	i	x_i	x_i^2	x_i^3	x_i^4	y_i	$x_i y_i$	$x_i^2 y_i$
	1							
	2							
	3							
	...							
	n							
Tổng								

3. Bài toán kiểm tra:

Trong trường hợp này, hàm chi phí nhiên liệu tuyến tính được mô tả trong phương trình: $y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2$

Được sử dụng để ước tính các tham số cho các nhà máy nhiệt điện khác nhau với các nhiên liệu như than và khí đốt. Mỗi nhà máy điện bao gồm 5 máy phát điện các đơn vị với 10, 20, 30, 40 và 50 MW. Tính giá trung bình F [6]:

Bảng 1 Chi phí ứng với từng tổ máy:

	P(MW)	**F (GJ/h)**
Than	**10**	176.62
	20	256.4
	30	361.5
	40	467.6
	50	579.5
Khí	**P(MW)**	**F (GJ/h)**
	10	187.2
	20	272.8
	30	384.3
	40	497.2
	50	616.5

Các hệ số ước tính của hàm chi phí (a_0, a_1, a_2) với phương pháp bình phương bé nhất được tính toán qua bảng 2.

Ta có hệ phương trình đối với nhiên liệu than:

$$\begin{cases} 5a_0 + 150a_1 + 5500a_2 = 1841.62 \\ 150a_0 + 5500a_1 + 225000a_2 = 65418.2 \\ 5500a_0 + 225000a_1 + 9790000a_2 = 2642482 \end{cases} \quad (12)$$

Giải hệ (12) ta được

$$a_0 = 95.856, a_1 = 7.3736, a_2 = 0.0466$$

Hàm chi phí nhiên liệu đối với nhà máy nhiệt điện than:

$$f_{uoctinh}(x)_T = 95.856 + 7.3736x + 0.0466x^2$$

Ta có hệ phương trình đối với nhiên liệu khí:

$$\begin{cases} 5a_0 + 150a_1 + 5500a_2 = 1958 \\ 150a_0 + 5500a_1 + 225000a_2 = 69570 \\ 5500a_0 + 225000a_1 + 9790000a_2 = 2810480 \end{cases} \quad (13)$$

Giải hệ (13) ta được

$$a_0 = 101.1, a_1 = 7.8814, a_2 = 0.0491$$

Hàm chi phí nhiên liệu đối với nhà máy nhiệt điện khí:

$$f_{uoctinh}(x)_K = 101.1, +7.8814x + 0.0491x^2$$

Tìm ra được 2 hàm chi phí theo 2 loại nhiên liệu và các hệ số a_0, a_1, a_2 tìm được ta tính toán chi phí ước tính ở bảng 3.

Theo [6] ta có chi phí ước tính theo giải thuật GA ở bảng 4.

4.Kết luận :

Việc giải quyết bài toán kinh tế mà sử dụng kỹ thuật ước tính tĩnh, ước tính giá trị tuyệt đối nhỏ nhất các hệ số đường cong đầu vào - đầu ra giúp giải quyết được vấn đề lựa chọn được nhiên liệu cho nhà máy nhiệt điện

$\sum \varepsilon$	Bình phương bé nhất	GA
Than	14.208	15.6553
Khí	14.216	20.328

Phương pháp bình phương bé nhất là kỹ thuật phân tích phức tạp có độ chính xác

cao. Phương pháp này nhằm xác định phương trình biến thiên của chi phí dựa trên việc tính toán hệ phương trình 2 biến trong phân tích thống kê, sử dụng số liệu chi phí thực tế phát sinh tương ứng với 2 loại nhiên liệu.

Giải thuật di truyền mặc dù mới được phát triển trong thời gian gần đây nhưng đã thu được những thành công lớn ở nhiều ngành khác nhau, cả trên lý thuyết và thực tiễn.Đặc biệt người ta có thể kết hợp giải thuật di truyền với những giải thuật khác để tạo thành một cơ chế điều khiển tự động nhiều tầng, cho phép giải những bài toán tối ưu phức tạp một cách nhanh chóng với độ chính xác cao. Nhược điểm là tính toán phức tạp.

Qua tính toán bằng cả 2 phương pháp cho thấy việc sử dụng nhiên liệu than chi phí thấp hơn là sử dụng nhiên liệu khí nhưng để việc tính toán chi phí được đơn giản hơn thì ta sử dụng phương pháp bình phương bé nhất.

Bảng 2. Các hệ số ước tính của hàm chi phí (a_0, a_1, a_2) được tính bằng phương pháp bình phương bé nhất

	i	x_i	x_i^2	x_i^3	x_i^4	y_i	$x_i y_i$	$x_i^2 y_i$
Than (1)	1	12	100	1000	10000	176.62	1766.2	17662
	2	20	400	8000	160000	256.4	5128	102560
	3	30	900	27000	810000	361.5	10845	325350
	4	40	1600	64000	2560000	467.6	18704	748160
	5	50	2500	125000	6250000	579.5	28975	1448750
Tổng		**150**	**5500**	**225000**	**9790000**	**1841.62**	**65418.2**	**2642482**
	1	10	100	1000	10000	187.2	1872	18720
	2	20	400	8000	160000	272.8	5456	109120

Khí (2)	3	30	900	27000	810000	384.3	11529	345870
	4	40	1600	64000	2560000	497.2	19888	795520
	5	50	2500	125000	6250000	616.5	30825	1541250
Tổng		**150**	**5500**	**225000**	**9790000**	**1958**	**69570**	**2810480**

Bảng 3. Dữ liệu tính toán chi phí nhiên liệu thực tế cho mỗi đơn vị-dữ liệu chi phí nhiên liệu ước tính thu được sau khi tính toán **theo phương pháp bình phương bé nhất**

Nhiên liệu	**P (MW)**	**F(thực tế) (GJ/h)**	**a_0**	**a_1**	**a_2**	**F(ước tính) (GJ/h)**	$\varepsilon = \lvert F_{uoctinh} - F_{thucte} \rvert$
Than	10	176.62	95.856	7.3736	0.0466	174.252	2.368
	20	256.4	95.856	7.3736	0.0466	261.968	5.568
	30	361.5	95.856	7.3736	0.0466	359.004	2.496
	40	467.6	95.856	7.3736	0.0466	465.36	2.24
	50	579.5	95.856	7.3736	0.0466	581.036	1.536
$\sum \varepsilon$							**14.208**
Khí	10	187.2	101.1	7.8814	0.0491	184.824	2.376
	20	272.8	101.1	7.8814	0.0491	278.368	5.568
	30	384.3	101.1	7.8814	0.0491	381.732	2.568
	40	497.2	101.1	7.8814	0.0491	494.916	2.284
	50	616.5	101.1	7.8814	0.0491	617.92	1.42
$\sum \varepsilon$							**14.216**

Bảng 4. Dữ liệu chi phí nhiên liệu thực tế cho mỗi đơn vị-dữ liệu chi phí nhiên liệu ước tính thu được sau khi tính toán **theo giải thuật GA**

Nhiên liệu	**P (MW)**	**F(thực tế) (GJ/h)**	**a_0**	**a_1**	**a_2**	**F(ước tính) (GJ/h)**	$\varepsilon = \lvert F_{uoctinh} - F_{thucte} \rvert$
Than	10	176.62	100.3937	6.9761	0.0533	175.4847	1.1353
	20	256.4	100.3937	6.9761	0.0533	261.2357	4.8357
	30	361.5	100.3937	6.9761	0.0533	357.6467	3.8533
	40	467.6	100.3937	6.9761	0.0533	464.7177	2.8823
	50	579.5	100.3937	6.9761	0.0533	582.4487	2.9487
$\sum \varepsilon$							**15.6553**
Khí	10	187.2	103.2	8	0.0667	188.648	1.448
	20	272.8	116.3854	6.7342	0.0667	277.7494	4.9494
	30	384.3	116.3854	6.7342	0.0667	378.4414	5.8586
	40	497.2	116.3854	6.7342	0.0667	492.4734	4.7266
	50	616.5	116.3854	6.7342	0.0667	619.8454	3.3454
$\sum \varepsilon$							**20.328**

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Công Hân, *Nhà máy nhiệt điện*, NXB Khoa học và kỹ thuật, 2002, 200 trang.

2. Hoàng Dương Hùng, *Năng lượng mặt trời lý thuyết và ứng dụng*, NXB KHKT, 2005, 214 trang

3. Hoàng Đình Tín, Nhiệt động lực học kỹ thuật, NXB KHKT, 2007,482 trang.

4. Yusuf SONMEZ¨. Estimation of fuel cost curve parameters for thermal power plants using the ABC algorithm. *Turk. J. Electr. Eng. Comput.* Sci., 21 (2013), pp. 1827-1841

5. M. Vanithasri, R. Balamurugan, L. Lakshminarasimman. Modified radial movement optimization (MRMO) technique for estimating the parameters of fuel cost function in thermal power plants. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, Volume 19, Issue 4, December 2016, Pages 2035-2042.

6. A. M. AL-Kandari · K. M. EL-Naggar. A genetic-based algorithm for optimal estim curve parameters of thermal power plants. *Electr. Eng*., 89 (2006), pp. 585-590

7. Vanithasri M., Balamurugan R., Lakshminarasimman L. Radial movement optimization (RM O) technique for solving unit commitment problem in power systems. *Journal of Electrical Systems and Information Technology, In press, corrected proof,* Available online 30 May 2017.

8. http://voer.edu.vn/m/phuong-phap-binh-phuong-be-nhat/1429436

9. https://www.sciencedirect.com

BÀI BÁO KHOA HỌC

THỰC HIỆN CÔNG BỐ THEO QUY CHẾ ĐÀO TẠO THẠC SỸ

Bài báo khoa học của học viên

có xác nhận và đề xuất cho đăng của Giảng viên hướng dẫn

Bản tiếng Việt ©, TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH và TÁC GIẢ

Bản quyền tác phẩm đã được bảo hộ bởi Luật xuất bản và Luật Sở hữu trí tuệ Việt Nam. Nghiêm cấm mọi hình thức xuất bản, sao chụp, phát tán nội dung khi chưa có sự đồng ý của tác giả và Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh.

ĐỂ CÓ BÀI BÁO KHOA HỌC TỐT, CẦN CHUNG TAY BẢO VỆ TÁC QUYỀN!

Thực hiện theo MTCL & KHTHMTCL Năm học 2018-2019 của Thư viện Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh.