

İDEAL GAZLARIN TERMODİNAMİK VE TERMOFİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN MODELLENMESİ

M. Turhan ÇOBAN

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü , 35100-Bornova/İzmir

Telefon: (232) 388 85 62/5387, Fax: (232) 388 85 62

e-mail:turhan.coban@ege.edu.tr

Özet: İdeal gaz termodinamik modeli birçok prosesde düşük basınç davranışlarını modellemek için yeterli olabilmektedir. Bu çalışmada ideal gazların termodinamik özellikleri kısmi devamlı fonksiyonlara en küçük kareler metodu ile eğri uydurma yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. Temel programlar Java programlama dilinde sınıf yapısında oluşturulmuştur. Gaz sınıfı aynı zamanda yapısındaki atomların özelliklerini içeren bir Atom alt sınıfında atomlara ait özellikleri okumaktadır. Modelleme yanma termodinamik denklemlerinin tabanını oluşturan kimyasal entalpi, gibbs serbest enerjisi gibi termodinamik özellikleri de kapsamaktadır. Serbest program kodu olarak sunulacak modellerle, ideal gaz çevrim ve yanma analizlerinin ve proses optimizasyonunun tüm çalışma gurupları için daha kolay bir şekilde modellenebilmesi hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: termodinamik özellikler, termofiziksel özellikler, ideal gaz

MODELLİNG OF THERMODYNAMIC AND THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF IDEAL GASES

Abstract: Thermodynamic property model of ideal gases is sufficient for modelling of many processes. In this work, thermodynamic properties of ideal gases are constructed by using least square curve fitting with partially continuous functions. Basic algorithms are prepared in Java language as class formats. The basic algorithm is constructed as class Gas. This class requires and Atom class which calculates basic properties of atoms. Models also includes properties widely use in combustion such as chemical enthalp, Gibbs free energy etc. Models are offered as GNU free code for researchers to utilize in ideal gas processes, combustion and system optimisation modelling studies.

Keywords : thermodynamic properties, thermophysical properties, ideal gas

1. GİRİŞ

İdeal gaz termodinamik modeli birçok processe düşük basınç davranışlarını modellemek için yeterli olabilmektedir ve oldukça yoğun olarak kullanılmaktadır. Ancak bu modelin bile çoğu zaman basitleştirilerek kullanıldığını gözlemliyoruz. En yaygın kullanılan yaklaşım modellerinden birisi özgül ısının sabit olduğunu varsayan modeldir. Bu model sıcaklığın çevre sıcaklığından çok fazla değişmediği durumlarda yaklaşım olarak kullanılabilir, ancak yanma prosesi gibi sıcaklık değerinin değişiminin göz ardı edilemeyeceği proseslerde oldukça ciddi hatalara sebep olacaktır. İkincil bir yaklaşım özgül ısı değerine bir polinom eğrisi uydurmaktır. Ancak sıcaklık bölgesinin çok geniş olduğu bir yaklaşıma herhangi bir polinomun iyi bir uyum sağlamadığını

gözlemliyoruz. Bu yüzden de uydurduğumuz polinomun özgül ısı verisine iyi bir uyum göstermez. Bu çalışmada özgül ısı verisine kısmi devamlı polinomlar uydurarak daha az hata içeren bir yaklaşımla ideal gaz denklemlerini oluşturacağız. Modelimiz vizkozite ve ısı iletkenlik sabitlerini de içermektedir. Bu modelde bu özelliklerin oluşturulmasında yüksek dereceden tek bir polinom kullanmakla yetinildi. Bilgisayar Modeli Java programlama dilinde nesne kökenli kodlar şeklinde oluşturulmuştur. Paket içindeki Atom sınıfı atomların özelliklerini içermektedir. İdeal gaz tanımları verilirken içerdikleri atom konfigürasyonu tanımlanarak molekülün atom ağırlığının otomatik olarak hesaplanması gibi avantajların yanında stokiometrik olarak hangi reaksiyonların mümkün olabileceği de hesaplanır hale gelmektedir. Modelimiz sıcaklık – özgül ısı

verisini istediğimiz sayıda alt bölgelere bölerek denklemleri hesaplayabilecek veri işleme sınıfları da içermektedir. Gazların termo-fiziksel özellikleri Gas1 sınıfında hesaplanmaktadır. Gazlar aynı zamanda karışım olarak da kullanıldıklarında gazları karıştırarak termodinamik özelliklerini hesaplanmanın temel prensiplerinden bahsedilecek ve Gmix sınıfı tanıtılacaktır. Gas1 ve Gmix sınıfları için bir kullanıcı ara yüzü programı da verilmiştir. Ancak buradaki modellerin temel gayesi çok daha sofistike termodinamik modellerin oluşturulabilmesi için bu modellerin alt yapı olarak kullanılabilmesidir. Bu yüzden tüm programlar açık kod olarak mevcuttur ve isteyen araştırmacılara sunulabilir.

2. KISMİ DEVAMLILIK EĞRİ UYDURULMASI

Özgül ısı eğri uydurma için kullanacağımız kısmi devamlı denklem

$$C_{p_i}(T) = A_i + B_i \cdot 10^{-3} \cdot T + C_i \cdot 10^5 / T^2 + D_i \cdot 10^{-6} \cdot T^2$$

$$T_{Li} \leq T \leq T_{Hi} \quad \text{KJ/kmol K} \quad (1)$$

şeklinde. Buradaki T derece Kelvin olarak alınmıştır. Denklem alt sıcaklık limiti T_{Li} den üst sıcaklık limiti T_{Hi} ye kadar tanımlıdır. Bu sınırın üzerinde değişik katsayılar içeren yeni bir denklem mevcuttur. Her bir denklem 4 katsayı ve 2 sıcaklık sınırı olmak üzere 6 katsayı şeklinde tanımlanmıştır. Buradaki A_i , B_i , C_i , ve D_i denklemin T_{Li} ve T_{Hi} sıcaklık bölgesinde geçerli olan $C_{p_i}(T)$ denkleminin katsayılarıdır. Çeşitli sıcaklık aralıkları için çeşitli katsayılar tanımlanabilir. Bu katsayılar gerçek tablo değerlerinden eğri uydurma yöntemleri yardımıyla elde edilirler. Eğri uydurmada en küçük kareler yöntemi genelde en yaygın olan yöntemdir. Bu yöntemde ölçümlerden elde edilen değerler ile fonksiyonun aynı noktalarda verdiği değerlerin farkının karelerinin toplam fonksiyonu minimize edilir. Burada verilen özgül ısı denklemini doğrusal olmayan bir eşitlik olduğundan minimize işleminin de doğrusal olmayan bir teknik yapılması gerekir. Bu tür denklemlerin çözümlerinde Nelder-Mead, en dik eğim metodu gibi geometriksel ve genetik algoritmalar gibi geometrik olmayan metotlar mevcuttur. Doğrusal olmayan denklemlerin minimizasyonu oldukça geniş bir konu olduğundan buna daha sonra bir yazımızda değinebiliriz.

Denklem katsayılarını bulmak için en küçük kareler metodundan yararlanılacaktır. Önce bu yöntemin genel bir tanımı verilirse. $x_i, y_i \quad i=0 \dots (n-1)$ verisi verilmiş olsun bu veri önce L veri setine bölünür.

Veri $x_i, y_i \quad y_i \quad i=(n-1)/L \cdot k \dots (n-1)/L \cdot (k+1)$
 $k=0 \dots (L-1)$ halini alır. Buradaki n toplam veri sayısı, L toplam veri seti sayısıdır. Bu durumda

$$f_k(x) = \sum_{j=0}^m a_{jk}^{(m)} \phi_j(x), \quad x_{Li} \leq x \leq x_{Hi}, \quad k = 0 \dots (L-1)$$

(2) j inci derece fonksiyon seti verilmiş olsun. Buradaki ϕ_j katsayıların çarpıldığı fonksiyonlardır. Örneğin denklem (1) için $\phi_0=1$, $\phi_1=10^{-3} \cdot T$, $\phi_2=10^5/T^2$, $\phi_3=10^{-6} \cdot T^2$ değerlerini almıştır. Bu fonksiyona $x_i, y_i \quad i= i=(n-1)/L \cdot k \dots (n-1)/L \cdot (k+1)$ verisini uydurmak istiyoruz. Bunu yapmak için önce veri setimizi L alt veri setine bölüyoruz ve x_{Li} ve x_{Hi} değerleri arasındaki her veri seti için en uygun $a_{jk}^{(m)}$ ($j=0 \dots m$) değerlerini bulmak istiyoruz. Bunun için

$$H_k(a_{0k}^{(m)}, \dots, a_{mk}^{(m)}) = \sum_{i=(n-1)/L \cdot k}^{(n-1)/L \cdot (k+1)} w_k(x_i) \left[\frac{y_i - \sum_{j=0}^m a_{jk}^{(m)} \phi_j(x_i)}{(L-1)} \right]^2 \quad (3)$$

hata fonksiyonunun minimum değerini bulmamız gerekir. Fonksiyondaki $w_k(x)$ ağırlık fonksiyonu adını alır ve $w_k(x_i) \geq 0 \quad i = 1, \dots, n$ olmalıdır. Fonksiyonun minimum noktası türevinin 0 a eşit olduğu nokta olacaktır.

$$\frac{\partial H_k(a_{0k}^{(m)}, \dots, a_{mk}^{(m)})}{\partial a_{pk}^{(m)}} = \frac{2}{(L-1)} \sum_{i=1}^n w_k(x_i) \left[\frac{y_i - \sum_{j=0}^m a_{jk}^{(m)} \phi_j(x_i)}{(L-1)} \right] \phi_p(x_i) = 0 \quad p = 0, \dots, m$$

(4)

$$\left\{ \sum_{j=0}^m w_k(x_i) \phi_j(x_i) \phi_p(x_i) \right\} [a_j^{(m)}] = \left[\sum_{i=1}^n w_k(x_i) \phi_p(x_i) y_i \right] \quad p = 0, \dots, m$$

(5)

Bu denklem temel olarak m+1 lineer denklem sistemidir. Ağırlık katsayısı $w(x_i)=1$ olarak seçilirse genel en küçük kareler metodu

$$\begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n \phi_0^2(x_i) & \sum_{i=1}^n \phi_0(x_i)\phi_1(x_i) & \sum_{i=1}^n \phi_0(x_i)\phi_2(x_i) & \dots & \sum_{i=1}^n \phi_0(x_i)\phi_m(x_i) \\ \sum_{i=1}^n \phi_0(x_i)\phi_1(x_i) & \sum_{i=1}^n \phi_1^2(x_i) & \sum_{i=1}^n \phi_1(x_i)\phi_2(x_i) & \dots & \sum_{i=1}^n \phi_1(x_i)\phi_m(x_i) \\ \sum_{i=1}^n \phi_0(x_i)\phi_2(x_i) & \sum_{i=1}^n \phi_1(x_i)\phi_2(x_i) & \sum_{i=1}^n \phi_2^2(x_i) & \dots & \sum_{i=1}^n \phi_2(x_i)\phi_m(x_i) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sum_{i=1}^n \phi_0(x_i)\phi_m(x_i) & \sum_{i=1}^n \phi_1(x_i)\phi_m(x_i) & \sum_{i=1}^n \phi_2(x_i)\phi_m(x_i) & \dots & \sum_{i=1}^n \phi_m^2(x_i) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n \phi_0(x_i) f(x_i) \\ \sum_{i=1}^n \phi_1(x_i) f(x_i) \\ \sum_{i=1}^n \phi_2(x_i) f(x_i) \\ \dots \\ \sum_{i=1}^n \phi_m(x_i) f(x_i) \end{bmatrix} \quad (6)$$

formunu alır. Bu denklemi $k=0 \dots (L-1)$ için L kere çözmemiz gerekir. Toplam hata fonksiyonunu

$$H = \sum_{k=0}^{(L-1)} H_k(a_{0k}^{(m)}, \dots, a_{mk}^{(m)}) \quad (7) \quad \text{şeklinde}$$

tanımlayabiliriz.

Yöntem olarak kısmi devamlı fonksiyonun farkı bir fonksiyon yerine her biri bir alt bölgeyi kapsayan bir fonksiyon serisinin bulunmasıdır. Daha küçük bölgelerde veriler daha uniform özellikler gösterdiklerinden üniversal veri uydurmaya göre çok daha hassas veri uydurma mümkün olacaktır. Tabii verilen sıcaklığa göre bilgisayarın katsayı setlerinden hangisini kullanacağına karar vermesi gerekir. Bu yüzden katsayılar matrisine genellikle verinin geçerli olduğu minimum ve maksimum sıcaklık bölgesi de eklenir.

3. TERMODİNAMİK ÖZELLİKLERİN TANIMLANMASI

İdeal gaz hal denklemi $P = \frac{NR_U T}{V}$ (8) şeklinde tanımlanır. Buradaki P basınç (Pa=N/m²=(kgm/s²)/m²), N madde mol miktarı (kmol) R_U universal gaz sabiti (J/kmolK) , sıcaklık (derece K) ve V hacim (m³) dir.

Genellikle hacim yerine formülümüzde özgül hacim kullanılır. Tanımı :

$$v = \frac{V}{N} \quad (9) \quad (\text{m}^3/\text{kmol}) \text{ bu tanım denklem (8)}$$

de kullanılırsa ideal gaz hal denklemi

$$P = \frac{R_U T}{v} \quad (10) \text{ formunu alır.}$$

Sürekli olarak tanımlanmış bir özgül ısı için ideal gaz entalpisi :

$$h(T) = h_0 + \int_{T_0}^T C_p(T) dT \quad (11)$$

şeklinde dir. C_p değeri kısmi devamlı fonksiyon olduğundan bu denklem

$$h(T) = h_0 + \left(\sum_{i=1}^{N-1} \int_{T_{Li}}^{T_{Hi}} C_{p_i}(T) .dT \right) + \int_{T_{Li}}^T C_{p_i}(T) dT \quad (12)$$

Formunu alır. Bu denklemdeki h₀ entalpi sabiti referans değer olarak alınan T₀ K noktasındaki entalpi değeridir. Kimyasal oluşum entalpisi için

$$h_{\text{kimyasal}}(T) = h(T) - h(298.15) + \Delta h_f(298.15) \quad (13)$$

formülü uygulanır. Buradaki Δh_f(298.15) 298.15K deki kimyasal oluşum entalpisidir. Entropi sürekli fonksiyon için

$$s(T) = s_0 + \int_{T_0}^T \frac{C_p(T)}{T} dT \quad (14)$$

Denklemlerle tanımlanır. Kısmi devamlı C_p için bu denklem

$$s(T, P) = s_0 + \left(\sum_{i=1}^{N-1} \int_{T_{Li}}^{T_{Hi}} \frac{C_{p_i}(T)}{T} .dT \right) + \int_{T_{Li}}^T \frac{C_{p_i}(T)}{T} dT + R \ln \frac{P}{P_0} \quad (15)$$

$$\text{Formunu alır. İç enerji } u(T) = h(T) - P v \quad (16)$$

$$\text{Helmholtz potansiyeli } a(T) = u(T) - T s(T) \quad (17)$$

$$\text{Gibbs potansiyeli } g(T) = h(T) - T s(T) \quad (18)$$

Isı iletim katsayısı ve vizkozite ve için 9. dereceden tek bir polinom kullanılmıştır.

$$k(T) = \sum_{i=0}^9 a_i T^i \quad (19)$$

$$\mu(T) = \sum_{i=0}^9 b_i T^i \quad (20)$$

Bu denklemlerin bu formda kullanılması şüphesiz hata oluşturmaktadır. Ancak denklemler basınçtan bağımsız olarak da alındıklarından kısmi devamlı olarak alınmaları hatalarını gideremez. Bu denklemlerin Basınç ve sıcaklığın fonksiyonu olarak alınmaları daha doğru bir yaklaşım olur, ancak bu çalışmada bu değerlendirme yapılmamıştır. Diğer bir gaz özelliği olan Prandtl sayısı

$$\text{Pr}(T) = C_p(T) . \mu(T) / k(T) \quad (21)$$

İfadesiyle tanımlanmıştır.

Gazlar tek bir molekül yerine çeşitli moleküllerin karışımı olduğunda biz bunu bir gaz karışımı olarak adlandırıyoruz. İdeal gaz karışımları lineer hacimsel karışım kuralı adını verdiğimiz kuralı kullanarak yapılabilir. Bu kural

$$\frac{v_i}{v} = \frac{V_i}{V} = \frac{N_i}{N} = x_i \quad (22)$$

V_i karışımdaki her bir gazın hacmi, N_i karışımdaki her bir gazın molar ağırlığı, V karışımın toplam hacmi, N karışımın toplam molar ağırlığı, x_i hacimsel oran olmak üzere

$$N = \sum_{i=1}^m N_i \quad (23)$$

$$h = \sum_{i=1}^m h_i x_i \quad (24)$$

$$s = \sum_{i=1}^m s_i x_i \quad (25)$$

Şeklinde yazılabilir. Ancak vizkozite ve ısıl iletim sabiti bu kurala uyum göstermez. Bu yüzden

$$\mu_{\text{karışım}} = \sum_{i=1}^n ((x_i \mu_i) / \sum_{j=1}^n (x_j \phi_{ij})) \quad (26)$$

$$\phi_{ij} = (1 + (\mu_i / \mu_j)^{1/2} (M_j / M_i)^{1/4})^2 / (8 + 8M_i / M_j)^{1/2} \quad (26 a)$$

$$k_{\text{karışım}} = \sum_{i=1}^n ((x_i k_i) / \sum_{j=1}^n (x_j \phi_{ij})) \quad (27)$$

$$\phi_{ij} = (1 + (k_i / k_j)^{1/2} (M_j / M_i)^{1/4})^2 / (8 + 8M_i / M_j)^{1/2} \quad (27 a)$$

Kullanılacaktır. Buradaki M gazın moleküler ağırlığıdır (kg/kmol)

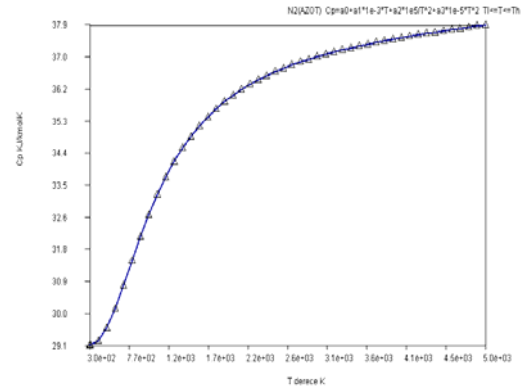
4. SONUÇLAR VE İRDELEME

Bu bölümümüzde önce gaz denklemlerinin uyumu ve kullandığımız kısmi devamlı denklemlere ne kadar uyum sağladığını irdeleyelim. Örnek gaz olarak azot (N₂) gazı aldık. Bu gazın C_p verisini 12 kısmi devamlı denklem (Tablo 1), 6 kısmi denklem (Tablo 2) ve 1 denklem (Tablo 3) olarak veriye uydurulmuştur. 12 kısmi denklem uydurulması durumunda verinin direk uydurulduğu grafikte bir fark görülmemektedir. Hata miktarı da maksimum 0.007 civarındadır. Bunu kabul edilebilir bir hata miktarı olarak alabiliriz. İkinci olarak aynı azot verisi 6 kısmi devamlı denkleme uydurulmuştur. Denklem katsayıları Tablo 2 de görülmektedir. Şekil 3 de bu katsayılar kullanılarak hesaplanan eğri ve veri noktaları bir arada görülmektedir. Yine belirli bir hata göremiyoruz. Ancak hata grafiğine baktığımızda maksimum yerel hatanın 0.0508 e çıktığını görülmektedir. Bu 12 kısmi devamlı denkleme göre bir fazla sıfırlı bir hata oluşması anlamına gelmektedir. Buradaki sonuçlarda gerektiğinde kullanılabilir hassasiyettedir denilebilir.

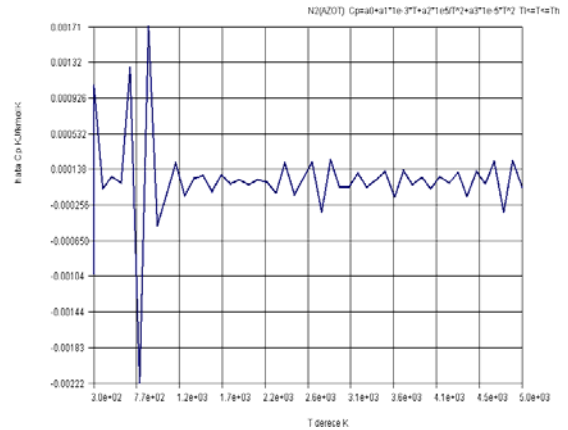
Son olarak kısmi devamsız (tek denklem) eğri uydurduğumuzda ne olduğunu irdelenmiştir. Bu durumdaki denklem katsayıları Tablo 3 de verilmiştir. Şekil 5 de veriyi ve uydurulan eğriyi

Tablo 1 . N₂ (AZOT) Cp Özgül ısı kısmi devamlı polinom katsayıları 12 denklem

A _i	B _i	C _i	D _i	T _{Li}	T _{Hi}
29.48410467	-4.39231362	0.135791768	8.962719183	298.2	600
19.58127458	18.1244325	6.04125597	-5.613346914	600	1000
25.58318122	9.820000158	-3.406728392	-2.366536137	1000	1400
31.97208934	3.568391773	-23.39157514	-0.640497282	1400	1800
33.95938165	1.99152595	-32.75504611	-0.288631316	1800	2200
37.66790853	-0.18797764	-64.90671398	0.073070085	2200	2600
32.38982337	2.448472237	-1.808705885	-0.298231241	2600	3000
37.37149772	0.104842902	-68.56025763	0.011860004	3000	3400
34.09434238	1.362910336	-2.482405204	-0.124112185	3400	3800
42.95067177	-1.76724832	-214.1109621	0.18778721	3800	4200
56.98821926	-5.88637732	-689.7268107	0.525601294	4200	4600
36.43273733	0.299350851	-15.74029559	0.001781188	4600	5000



Şekil 1) 12 kısmi devamlı denklem olarak uydurulmuş eğri ve verinin görünümü



Şekil 2) 12 kısmi devamlı denklem olarak uydurulmuş verinin hata miktarının görünümü

görüyoruz. Bu eğrinin verimize oldukça yüksek bir hatayla uyduğunu görmek için hata grafiğine bakmaya bile gerek yoktur.

Hata grafiğine bakıldığında 6 kısmi devamlı eğri

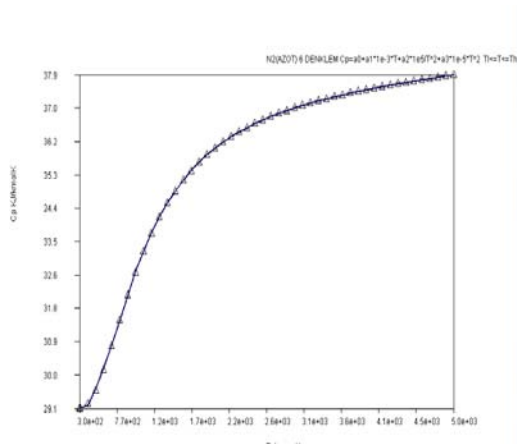
Tablo 2. N₂ (AZOT) Cp Özgül ısı kısmi devamlı polinom katsayıları 6 denklem

A _i	B _i	C _i	D _i	T _{Li}	T _{Hi}
25.49891	7.210171	1.329118	-0.11578	298.15	1000
28.52807	6.592687	-10.4511	-1.38176	1000	1800
34.95458	1.329468	-39.3578	-0.16512	1800	2600
36.85793	0.31981	-59.869	-0.01345	2600	3400
38.84858	-0.40481	-104.123	0.060592	3400	4200
38.12276	-0.15113	-85.9557	0.03551	4200	5000

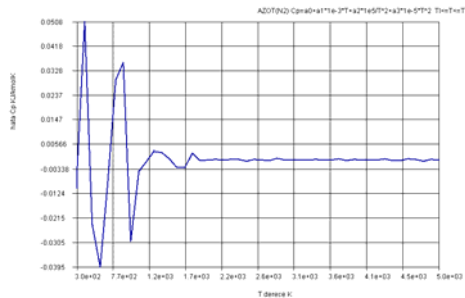
uydurmaya göre 10 kere 12 kısmi devamlı eğri uydurmaya göre de 100 kere daha hatalı bir eğri elde edildiği görülmektedir. Sürekli formdaki eğrimiz yüksek hatasından dolayı kabul edilebilir sınırların üzerinde hata içerdiğinden kullanımı pratik değildir.

Tablo 3 N₂(AZOT) Cp Özgül ısı devamlı polinom

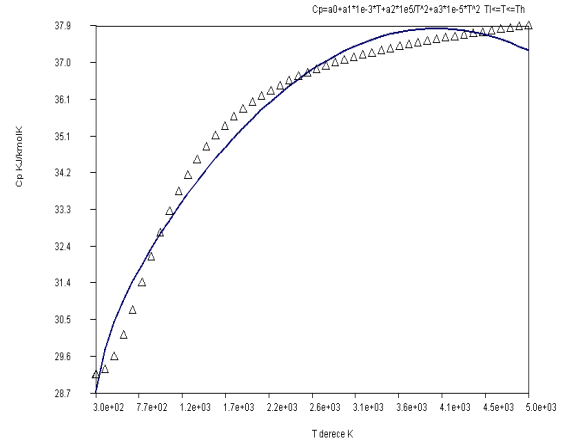
A _i	B _i	C _i	D _i	T _{Li}	T _{Hi}
28.87568	4.485071	-1.318301	-0.5604611	298.15	5000



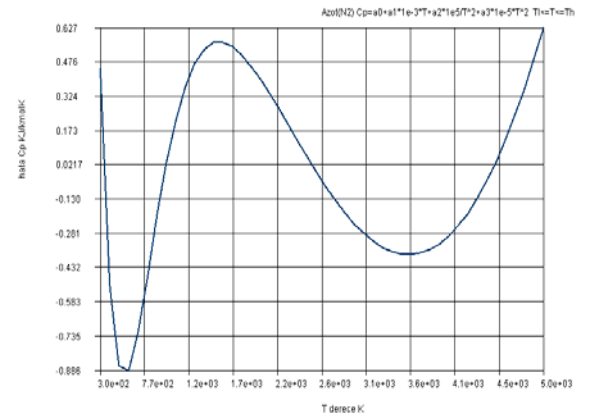
Şekil 3. 6 kısmi devamlı denklem olarak uydurulmuş eğri ve verinin görünümü



Şekil 4. 6 kısmi devamlı denklem olarak uydurulmuş verinin hata miktarının görünümü



Şekil 5. 1 denklem olarak uydurulmuş eğri ve verinin görünümü



Şekil 6. 1 denklem olarak uydurulmuş eğri ve verinin hata miktarının görünümü

Nesne kökenli Gas1 sınıfını java programında çağırmak için **Gas1 g=new Gas1("n2");**

Şeklinde bir tanımlama kullanırız. Buradaki "n2" gaz ismidir. Programda şu anda hazır bulunan gaz isimleri : air c9h20 c9h20g c10h22 c11h24 c12h26 c13h28 c14h30 c15h32 c16h34 c17h36 c18h38 c19h40 c20h42 c11h16 c12h18 c13h20 c14h22 c15h24 c16h26 c17h28 c18h30 c19h32 c10h8 c11h10 c12h12 ch4 c2h6 c2h4 c3h8 c4h10 c5h12 ch3oh c8h18 so2 so3 c2h2 c6h6 h2o2 nh3 h2 h2o h2ol Ar co co2 h ho oh n n2 n2o no no2 o2 c13h14 c14h16 e- yeni bir gaz ismi sisteme eklenmek istenildiğinde gaz verisi T(K)-Cp(KJ/kmolK) olarak bir txt dosyasına yazılır ve Gas_GEN_Data.java programı çalıştırılarak eğri uydurma verisi oluşturulur. Bu veri Gas1.java programına eklenerek kullanılabilir. Tüm gaz verilerini 14 boyutlu bir değişken olarak okumak istersek :**double pp[]=g.property(t,p)** ; deyimini kullanabiliriz. Burada pp boyutlu değişkenine pp[0]=p; basınç bar, pp[1]=t; sıcaklık derece C, pp[2]=v(t,p);özümlü hacim m³/kmol pp[3]=h(t); entalpi KJ/kmol, pp[4]=u(t); iç enerji kJ/kmol,

pp[5]=s(t,p);entropi kJ/kmolK, pp[6]=g(t,p); gibbs serbest enerjisi k/kmol,pp[7]=ht(t); toplam kimyasal entalpi kJ/kmol, pp[8]=gt(t,p); toplam kimyasal gibbs serbest enerjisi kJ/kmol, pp[9]=Cp(t); sabit basınçta özgül ısı kJ/kmolK, pp[10]=Cv(t); sabit basınçta özgül ısı kJ/kmolK, pp[11]=gamma(t); gaz sabiti CpCv, pp[12]=c(t);ses hızı m/s ,pp[13]=vis(t);vizkozite pp[14]=k(t) ısı iletim W/mK, ;pp[15]=M;molekül ağırlığı kg/kmol, pp[16]=Prandtl(t);Prandtl sayısı,pp[17]=pr(t); dönüştürülmüş basınç,pp[18]=vr(t);dönüştürülmüş hacim değerlerini alabiliriz eşitlikden sonra gelen sadece o değişkeni çağırarak istediğimizde çağıracağımız metodların adlarıdır. Paketimiz ayrıca **Gas1Table.java** isimli bir program ara yüzü de barındırmaktadır. Bu program yardımıyla değerler direk grafik ortamında okunabilir. Eğer bir gaz karışımını kullanmak istiyorsak Bunu önce gaz karışımı verisini Gmix.txt dosyasına yazarak yapabiliriz. Her veri bir gaz karışımı ismini taşır sonra karışımdaki gaz sayısı verilir sonra karışım isimi ve yüzdesi(veya mol sayısı) girilir. Örneğin:

The screenshot shows a Java application window titled "ideal gaz karışımlarının termodinamik özellikleri". It has several input fields: "unit system" (SI), "kütlemol" (kütle), "gaz ismi" (dogal_gaz), "sıcaklık" (27.0), "basınç" (1.0), and "derece C" (bar). Below these is a list of gas components: CH4 0.906, C2H6 0.056, C3H8 8.0E-4, C4H10 2.0E-4, CO2 0.017, and N2 0.011. A table displays various thermodynamic properties for the mixture at the specified conditions.

P, basınç	1.0	bar
T, sıcaklık	300.0	derece K
v, özgül hacim	24.9435	m ³ /kmol
yoğunluk	0.040990604766772904	kmol/m ³
h, entalpi	325.81083465122067	KJ/kmol
u, iç enerji	-2168.7391653487794	KJ/kmol
s, entropi	189.46259436844184	KJ/kmol K
g, qİbbs serbest enerjisi	-56513.19747508133	KJ/kmol
ht,kimyasal toplam ental...	-80912.723355059	KJ/kmol
gt,kimyasal toplam gibbs...	-136589.17365146155	KJ/kmol
Cp, sabit basınçta özgül...	34.58293145558051	KJ/kmol K
Cv, sabit hacimde özgül ısı	28.268431455580508	KJ/kmol K
Cp/Cv, adyabatik sabit	1.316520611977144	
c, ses hızı	433.44313436779885	m/s
vizkozite	1.120874662230009E-5	Ns/m ²
ısı iletkenlik katsayısı	0.03235980576653524	W/m K
M, moleküler ağırlık	17.479169703329973	kg/kmol
Prandtl sayısı	0.6853180187964623	
Pr, indirgenmiş basınç	1.4808507689919224	
vr, indirgenmiş hacim	963.6632524287841	

Şekil 7. Gas1 sınıfı çıktı programı Gas1Table ve Gmix sınıfı çıktı programı GmixTable.java

dogal_gaz

6

ch4 0.906

c2h6 0.056

c3h8 8e-4

c4h10 2e-4

co2 0.017

n2 0.011

Bu veri Gmix.txt dosyasına girdikten sonra veri adıyla Gmix nesnesi çağırabiliriz.

Gmix g=new Gmix("dogal_gaz");

Değişkenlerin çağırılması Gas1 sınıfıyla aynıdır.

double pp[]=g.property(t,p);

Gaz karışımları modeli içinde **GmixTable.java** isimli bir grafik arayüz programı mevcuttur.

İdeal gaz modeli ısı biliminde yoğun olarak kullanılan temel bir modeldir. Model yanma termodinamik denklemlerinin tabanını oluşturan kimyasal entalpi, gibbs serbest enerjisi gibi termodinamik özellikleri de kapsamaktadır. Gas1 sınıfını kullanan daha üst düzey çeşitli termodinamik modeller de hazırlanmıştır. Örneğin : Yaş havanın termodinamik özellikleri, yaş hava prosesleri, yanma, Gibs minimizasyonu, yakıt pili yakıt dönüştürücü simülasyonu, gaz türbini çevrimi. Serbest program kodu olarak (GNU lisansı) mevcut olan bu modellerle enerji ideal gaz çevrim ve yanma analizleri ve, proses optimizasyonu gibi çalışmalarda tüm çalışma gurupları için daha kolay bir çalışma ortamı hedeflenmektedir.

5. KAYNAKLAR

Çoban, T. 2008. Java Programlama Dili Örnekleriyle Sayısal Çözümleme, Bileşim Yayınevi, ISBN 978-975-27-200-3.

Robert C. Reid , John M. Prausnitz, Bruce E. Poling ; The Properties of Gases & Liquids , Mc-Graw Hill, ISBN 0-07-051799-1

Ihsan Barin, Thermochemical Data of Pure Substances, VCH publishing, 1989, ISBN 3-527-27812-5

N.B. Vargaftick, Table of Thermophysical Properties of Liquids and Gases, 1975, Hemisphere Publishing

M. Turhan Çoban, Java 2 Programlama Kılavuzu, ALFA yayınevi, ticarethane sok no 41/1 34410 cagaloglu Istanbul, ISBN 975-316-631-1

M. Turhan Çoban, Nemli havanın termodinamik özelliklerinin modellenmesi, 24-26 Mayıs 2006, II. Ege Enerji Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, Muğla Üniversitesi, Muğla, sayfa 397-405

M. Turhan Çoban, Katı Oksitli Yakıt Pili Sisteminin Modellenmesi, 24-26 Mayıs 2006, III. Ege Enerji Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, Ege Üniversitesi, İzmir, ISBN 978-975-483-774-2