

Κινητός και Διάχυτος Υπολογισμός (Mobile & Pervasive Computing)

Δημήτριος Κατσαρός

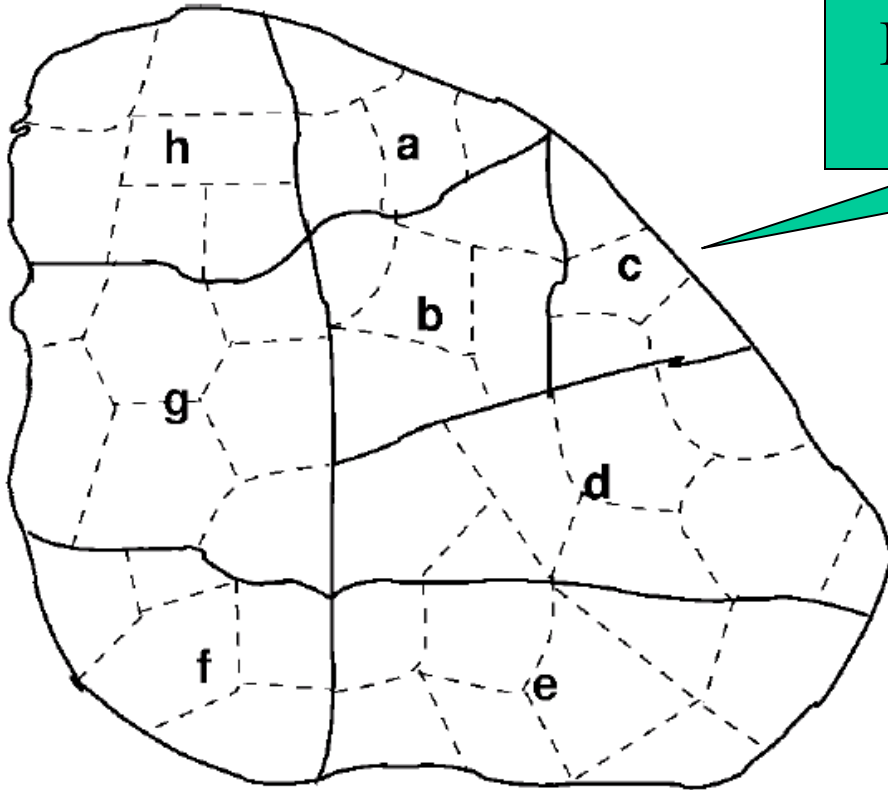
Διάλεξη 12η

Η τεχνική LeZi-Update (1/15)

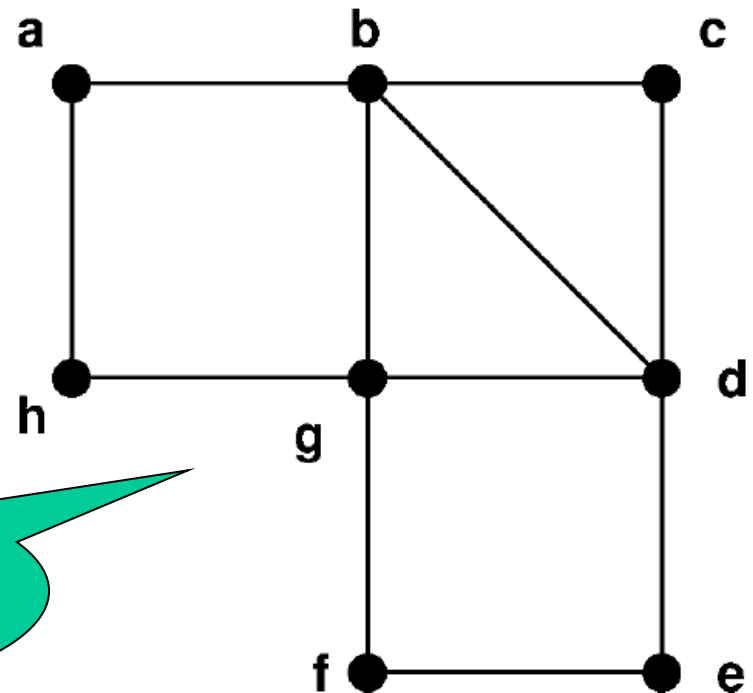
- Μοντέλα τοπολογίας δικτύου
 - γεωμετρικά μοντέλα
 - **συμβολικά μοντέλα**
- Τα γεωμετρικά μοντέλα
 - Εύκολα
 - Γενικά
 - Επιτρέπουν πρόβλεψη

Η τεχνική LeZi-Update (2/15)

Πραγματική τοπολογία
κυψελοειδούς δικτύου



Συμβολική
αναπαράσταση



Η τεχνική LeZi-Update (3/15)

User movement between 9:00 a.m. and 9:00 p.m.

Time	a.m.			p.m.							
		11:04	11:32	11:57	3:18	4:12	4:52	5:13	6:11	6:33	6:54
Crossing	$a \rightarrow b$	$b \rightarrow a$	$a \rightarrow b$	$b \rightarrow a$	$a \rightarrow b$	$b \rightarrow c$	$c \rightarrow d$	$d \rightarrow c$	$c \rightarrow b$	$b \rightarrow a$...

Ακολουθία αναφορών διαφόρων σχημάτων ενημέρωσης θέσης

Time-based ($T = 1$ hr)	$aaabbbbacdaaa \dots$
Time-based ($T = 1/2$ hr)	$aaaaabbbbbbbbaabcdcdcaaaaa \dots$
Movement-based ($M = 1$)	$abababcdcba \dots$
Movement-based ($M = 2$)	$aaacca \dots$
Time- and movement-based ($T = 1$ hr, $M = 1$)	$aaababbbbbaabccddcbaaaa \dots$

Η τεχνική LeZi-Update (4/15)

Definition 1. The *movement history* of a user is a string “ $v_1 v_2 v_3 \dots$ ” of symbols from the alphabet ϑ , where ϑ is the set of zones under the service area and v_i denotes the zone-id reported by the i th update. Consequently, v_i ’s are not necessarily distinct.

Definition 2. The *mobility model* of a user is a *stationary stochastic process* $\mathcal{V} = \{V_i\}$, such that V_i assumes the value $v_i \in \vartheta$ in the event that the i th update reports the user in zone v_i . The joint distribution of any subsequence of V_i ’s is invariant with respect to shifts in the time axis, i.e.,

$$\begin{aligned} \Pr[V_1 = v_1, V_2 = v_2, \dots, V_n = v_n] \\ = \Pr[V_{1+l} = v_1, V_{2+l} = v_2, \dots, V_{n+l} = v_n] \end{aligned} \quad (1)$$

for every shift l and for all $v_i \in \vartheta$. The *movement history* is a *trajectory* or *sample path* of \mathcal{V} .

Η τεχνική LeZi-Update (5/15)

Για την ακολουθία αναφορών: **aaababbbbbaabccddcbaaaa**

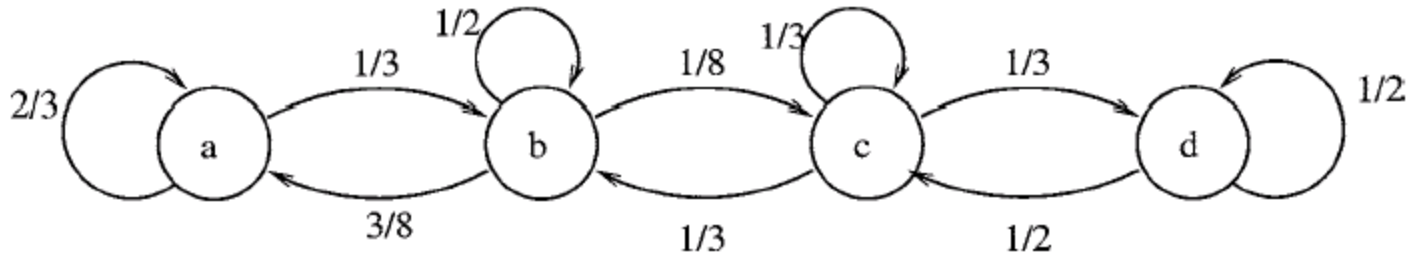
→ *Ignorant model.*

The ignorant model disbelieves and disregards the information available from movement history. Due to the lack of knowledge, it assigns equal residence probabilities to all the eight zones in figure 1. In other words, $\pi_a = \pi_b = \pi_c = \pi_d = \pi_e = \pi_f = \pi_g = \pi_h = 1/8 = 0.125$. The assumption of uniform probability distribution suffers from the consequence that no single paging strategy can be adjudged better than another in terms of average paging cost

→ *IID model.*

The IID model assumes that V_i 's are independent and identically distributed. Using the relative frequencies of the symbols as estimates of residence probabilities, we obtain the residence probabilities as $\pi_a = 10/23 \approx 0.435$, $\pi_b = 8/23 \approx 0.348$, $\pi_c = 3/23 \approx 0.13$, $\pi_d = 2/23 \approx 0.087$, and $\pi_e = \pi_f = \pi_g = \pi_h = 0$.

Η τεχνική LeZi-Update (6/15)



→ **Markov model.**

The simplest possible Markov model assumes that the process S is a time-invariant Markov chain, defined by

$$\begin{aligned} \Pr[V_k = v_k \mid V_1 = v_1, \dots, V_{k-1} = v_{k-1}] \\ = \Pr[V_k = v_k \mid V_{k-1} = v_{k-1}] \end{aligned} \quad (2)$$

$$= \Pr[V_i = v_i \mid V_{i-1} = v_{i-1}] \quad (3)$$

for any arbitrary choice of k and i .

Πίνακας πιθανοτήτων μετάβασης: $\mathbf{P} = \begin{bmatrix} 2/3 & 1/3 & 0 & 0 \\ 3/8 & 1/2 & 1/8 & 0 \\ 0 & 1/3 & 1/3 & 1/3 \\ 0 & 0 & 1/2 & 1/2 \end{bmatrix}$

Η τεχνική LeZi-Update (7/15)

- Ορολογία
 - Markov μοντέλο \rightarrow Markov μοντέλο τάξης 1
 - IID μοντέλο \rightarrow Markov μοντέλο τάξης 0
 - Ignorant μοντέλο \rightarrow Markov μοντέλο τάξης -1
 - **Υψηλότερης τάξης μοντέλα** ? Δείτε τον παρακάτω πίνακα

Contexts of orders 0, 1 and 2 with frequencies.

Order-0	Order-1		Order-2		
$a(10)$	$a a(6)$	$b c(1)$	$a aa(3)$	$a ba(2)$	$a cb(1)$
$b(8)$	$b a(3)$	$c c(1)$	$b aa(2)$	$b ba(1)$	$d cc(1)$
$c(3)$	$a b(3)$	$d c(1)$	$a ab(1)$	$a bb(1)$	$d cd(1)$
$d(2)$	$b b(4)$	$c d(1)$	$b ab(1)$	$b bb(3)$	$b dc(1)$
	$c b(1)$	$d d(1)$	$c ab(1)$	$c bc(1)$	$c dd(1)$

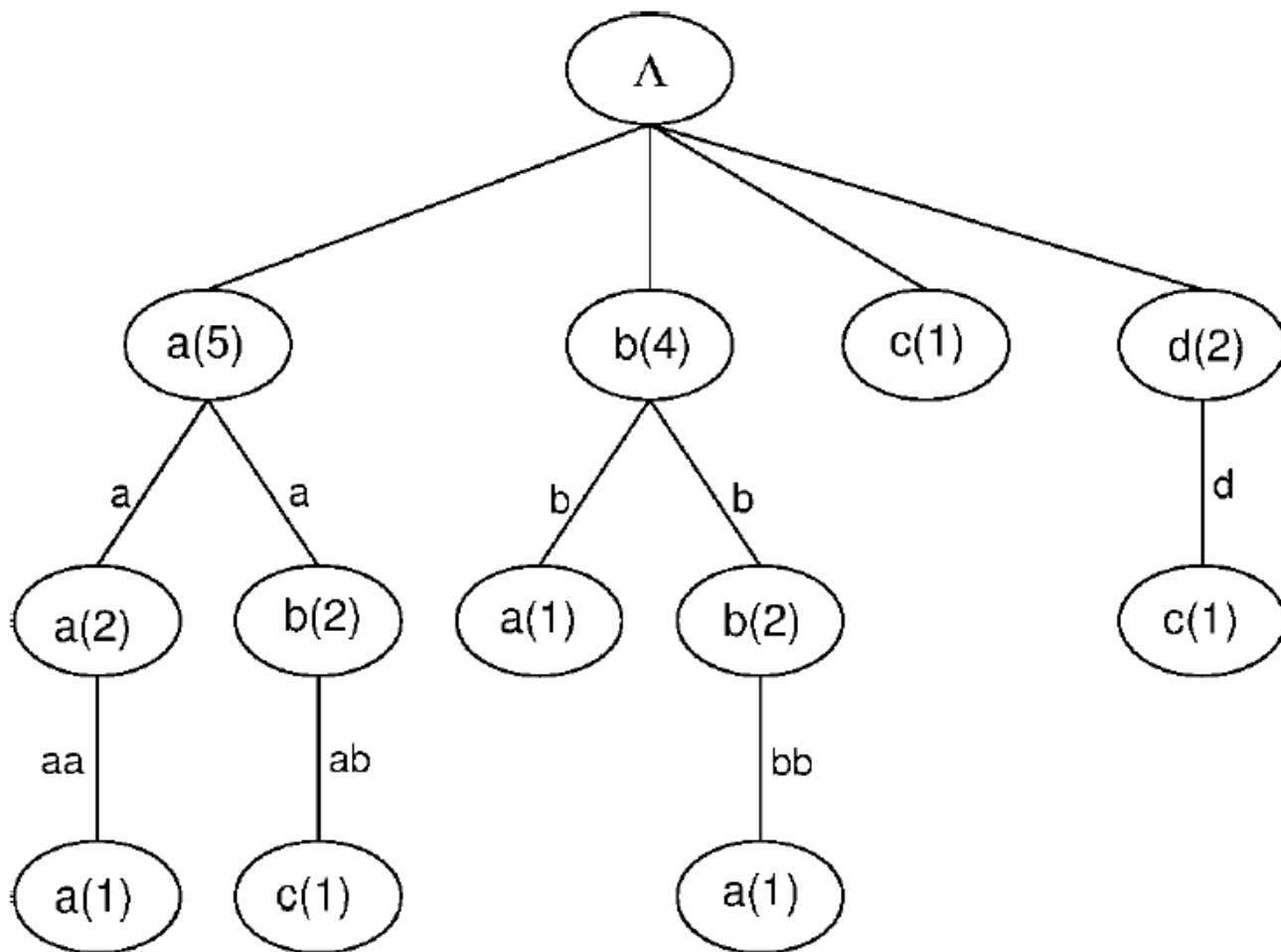
Η τεχνική LeZi-Update (9/15)

- Άμεσα ή έμμεσα (κάποια από) τα σχήματα ενημέρωσης θέσης κρατούσαν στην cache τους το (τα) cell (ή location area) ID και με βάση αυτή την πληροφορία έκαναν την ενημέρωση
- Ο αλγόριθμος LeZi-Update λειτουργεί παρόμοια, στέλνοντας ομάδες ID μόνο όταν αυτή η ομάδα δεν έχει ξαναεμφανιστεί
- Θεωρώντας την ακολουθία: **aaababbbbbaabccddcbaaaa**
- Την κάνει parsing σε φράσεις ως εξής: *a, aa, b, ab, bb, bba, abc, c, d, dc, ba, aaa, . . .*
- Ο μ η χ α ν ι σ μ ό ς ε ί ν α ι ο π α ρ α κ ά τ ω :

The algorithm LZ78 parses the

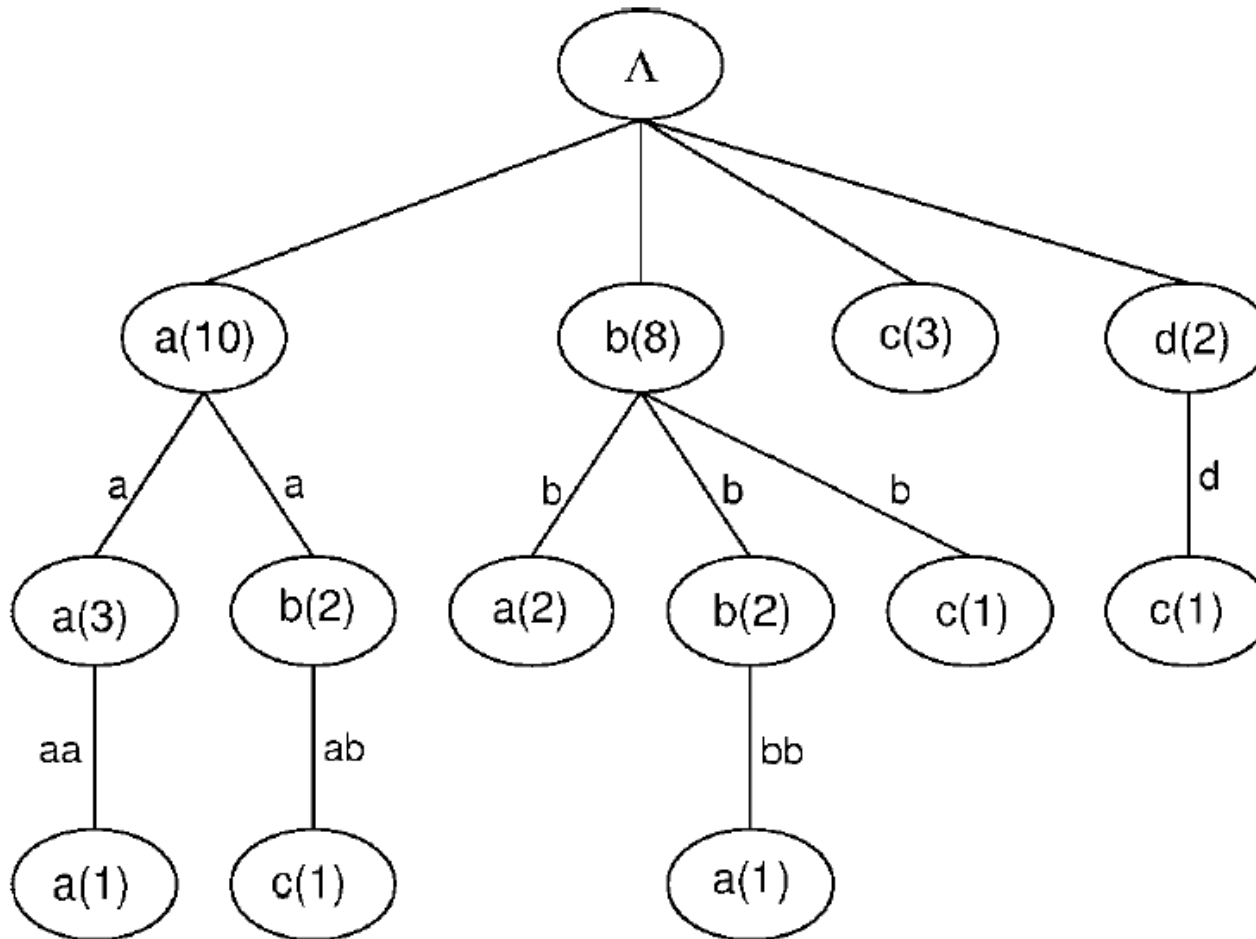
input string “ v_1, v_2, \dots, v_n ”, where $v \in \vartheta$, into $c(n)$ distinct substrings $w_1, w_2, \dots, w_{c(n)}$ such that for all $j \geq 1$, the prefix of substring w_j (i.e., all but the last character of w_j) is equal to some w_i , for $1 \leq i < j$. Because of this *prefix property*, substrings parsed so far can be efficiently maintained in a trie

Η τεχνική LeZi-Update (10/15)



Trie για τον κλασικό αλγόριθμο LZ78

Η τεχνική LeZi-Update (11/15)



Trie για τον επαυξημένο αλγόριθμο LZ78: Για κάθε φράση εισαγάγουμε όλα τα επιθέματα (suffixes) της

Η τεχνική LeZi-Update (12/15)

```

initialize dictionary := null
initialize phrase w := null
loop
  wait for next symbol v
  if(w.v in dictionary)
    w := w.v
  else
    encode <index(w),v>
    add w.v to dictionary
    w := null
  endif
forever

```

Figure 4. Encoder at the mobile.

```

initialize dictionary := null
loop
  wait for next codeword <i,s>
  decode phrase := dictionary [i].s
  add phrase to dictionary
  increment frequency for every
    prefix of phrase
forever

```

Figure 5. Decoder at the system.

```

initialize dictionary := null
loop
  wait for next codeword <i,s>
  decode phrase := dictionary [i].s
  add phrase to dictionary
  increment frequency for every prefix of
    every suffix of phrase
forever

```

Figure 7. Enhanced decoder at the system.

Η τεχνική LeZi-Update (13/15)

Result 4. The symbol-wise model created by the incremental parsing asymptotically outperforms a Markov model of any finite order and attains the finite-state predictability. At any point, the effective number of states in the incremental parsing model is $O(c(n))$ and the equivalent Markov order is $O(\log c(n))$. Moreover, for stationary ergodic sources, it attains the predictability of the universal model.

Η τεχνική LeZi-Update (14/15)

- Υποθέτουμε ότι πρέπει να παραδώσουμε κλήση για το κινητό και η τελευταία γνώση που έχουμε για τη θέση του είναι: aaa
- Τα contexts που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε είναι τα suffixes του aaa (εκτός από το ίδιο φυσικά), δηλ., aa (τάξη 2), a (τάξη 1) και το Λ (τάξη 0)
- **Πρώτα** πρέπει να βρούμε όλα τα πιθανά μονοπάτια που μπορούν να προβλεφτούν με αυτά τα contexts:

Phrases and their frequencies at contexts “ aa ”, “ a ” and “ Λ ”.

aa (order-2)	a (order-1)	Λ (order-0)		
$a \mid aa(1)$	$a \mid a(2)$	$a(5)$	$ba(2)$	$d(1)$
$\Lambda \mid aa(2)$	$aa \mid a(1)$	$aa(2)$	$bb(1)$	$dc(1)$
	$b \mid a(1)$	$ab(1)$	$bba(1)$	$\Lambda(1)$
	$bc \mid a(1)$	$abc(1)$	$bc(1)$	
	$\Lambda \mid a(5)$	$b(3)$	$c(3)$	

Η τεχνική LeZi-Update (15/15)

- Κατόπιν, να υπολογίσουμε τις unconditioned πιθανότητες εμφάνισης αυτών των φράσεων με blending (η μέθοδος υπολογισμού εξηγείται στη διάλεξη):

Probabilistic prediction of individual symbols on path until next update.

Phrase	Pr[Phrase]	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
<i>a</i>	$\frac{1}{3} + \frac{2}{3} \left\{ \frac{1}{5} + \frac{1}{2} \left(\frac{5}{23} \right) \right\} = 0.5391$	0.5391	0.0000	0.0000	0.0000
<i>aa</i>	$\frac{2}{3} \left\{ \frac{1}{10} + \frac{1}{2} \left(\frac{2}{23} \right) \right\} = 0.0957$	0.0957	0.0000	0.0000	0.0000
<i>ab</i>	$\frac{2}{3} \left\{ \frac{1}{2} \left(\frac{1}{23} \right) \right\} = 0.0145$	0.0073	0.0073	0.0000	0.0000
<i>abc</i>	$\frac{2}{3} \left\{ \frac{1}{2} \left(\frac{1}{23} \right) \right\} = 0.0145$	0.0048	0.0048	0.0048	0.0000
<i>b</i>	$\frac{2}{3} \left\{ \frac{1}{10} + \frac{1}{2} \left(\frac{3}{23} \right) \right\} = 0.1104$	0.0000	0.1104	0.0000	0.0000
<i>ba</i>	$\frac{2}{3} \left\{ \frac{1}{2} \left(\frac{2}{23} \right) \right\} = 0.0290$	0.0145	0.0145	0.0000	0.0000
<i>bb</i>	$\frac{2}{3} \left\{ \frac{1}{2} \left(\frac{1}{23} \right) \right\} = 0.0145$	0.0000	0.0145	0.0000	0.0000
<i>bba</i>	$\frac{2}{3} \left\{ \frac{1}{2} \left(\frac{1}{23} \right) \right\} = 0.0145$	0.0048	0.0097	0.0000	0.0000
<i>bc</i>	$\frac{2}{3} \left\{ \frac{1}{10} + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{23} \right) \right\} = 0.0812$	0.0000	0.0406	0.0406	0.0000
<i>c</i>	$\frac{2}{3} \left\{ \frac{1}{2} \left(\frac{3}{23} \right) \right\} = 0.0435$	0.0000	0.0000	0.0435	0.0000
<i>d</i>	$\frac{2}{3} \left\{ \frac{1}{2} \left(\frac{1}{23} \right) \right\} = 0.0145$	0.0000	0.0000	0.0000	0.0145
<i>dc</i>	$\frac{2}{3} \left\{ \frac{1}{2} \left(\frac{1}{23} \right) \right\} = 0.0145$	0.0000	0.0000	0.0073	0.0073
Sum		0.6662	0.2018	0.0962	0.0218