

АСТРОНОМИЧЕСКИ ОСНОВИ НА КАЛЕНДАРНИТЕ КОРЕКЦИИ

Ангел Манев¹, Алексей Стоев¹, Динко Господинов

¹Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: amanev@abv.bg

Ключови думи: календар, коекция, астрономия, история, датиране,

Резюме: В предлаганото изследване се анализират нуждите от високосни и векови корекции на слънчевите календари в астрономически и исторически аспект. Предложен е алгоритъм за създаването на календар при който вековите корекции се правят така, че календарът да се коригира с едно денонощие на периоди, свързани с еволюцията на тропическата слънчева година. Демонстрират се възможностите за създаване на вечен циклов календар.

ASTRONOMICAL BASIS OF CALENDAR CORRECTIONS

Angel Manev¹, Aleksei Stoev¹, Dinko Gospodinov

¹Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: amanev@abv.bg

Keywords: calendar, correction, astronomy, history, daters

Abstract: In the proposed study, the needs for leap and century corrections of solar calendars are analyzed in an astronomical and historical aspect. An algorithm is proposed for the creation of a calendar in which century corrections are made so that the calendar is corrected by one day for periods related to the evolution of the tropical solar year. The possibilities of creating a perpetual cycle calendar are demonstrated.

Появата на понятието „календар“ е възникнало в човешката история много преди да възникне необходимостта от планиране и отчитане на стопанската дейност на хората. С календарите е свързан и процесът на датиране на реални исторически събития, подредени в последователността им по времевата ос. Календарът възниква като необходимост още във времената, когато у хората започва да закърнява сетивото им за въздействието на космическите сили върху живите организми на Земята. В Древността всички са били „ясновидци“. Заспивайки са сънували „пророчески сънища“ и са знаели какво ги очаква на следващия ден. Затова не е имало нужда от гадатели, пророци и екстрасенси. В последствие, когато тези способности започват да закърняват, се налага да се изгради логическа система, чрез която хората да могат правилно да отчитат въздействието на Космоса върху ежедневната им дейност. По тази причина възниква първата наука – астрологията. Чрез нея хората се мъчат да разберат „играта на Боговете“ и да се съобразяват с нея през деня.

Закърняващото сетиво за Космическите въздействия върху хората е единствената причина поради която се налага да се създадат календари. Налага се да се изгради логическа система, чрез която да се знае какво е положението на Слънцето на небето, съответно положението на Земята по орбитата и. Така се изгражда система от повтарящи се годишно ритуали, някои наричани „празници“. Чрез календара се гарантира адекватността на човешката дейност в материята. От тук и необходимостта да се знае точното положение на Земята по орбитата и всеки ден. От тук и мисълта: „Ако искаш да объркаш един народ, промени му календара!“

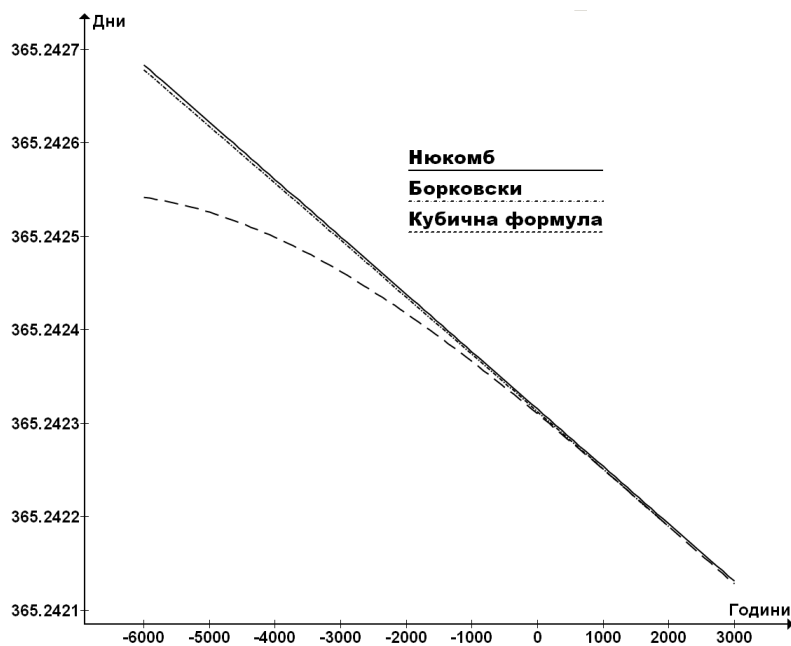
Много отдавна хората са забелязали, че в живота им има една цикличност, свързана с положението на Слънцето на небето. Така са възникнали понятията за денонощие и година. Слънчевата година е период през който Слънцето преминава през различни части от

Звездното небе. За да се ориентират хората, от къде какво въздействие идва, целият Небесен свод е разделен на различни области, носещи названието „съзвездия“. Когато Слънцето се намира в определено зодиакално съзвездие, то усилва силите на въздействие, които идват към Земята от съответната област. През различните исторически времена границите на съзвездията са били различни. Изчезвали са съзвездия и са се появявали нови, в процеса на динамиката на космическите въздействия върху процесите на Земята. Например, зодиакалните съзвездия през които минава Слънцето през годината, в различните времена са били различни на брой. В Индийския зодиак те са 9, при египтяните са 13 плюс още едно скрито съзвездие, сега се работи с 12 съзвездия.

Усещането за цикличност, обаче, е измамно. То подвежда изследователите и често ги води до неадекватни категоричности. В Природата не съществуват циклични процеси, които да се повтарят точно. Периодичността е приблизителна и ориентируваща. Човешката наука налага на аналоговата природа дискретна „мрежа“, за да може да се ориентира в нея. Така възниква представата за постоянност и на Земната година. Така възниква и представата за точността на календарите.

При датирането на човешката история се приемат няколко аксиоми, върху които се гради хронологията. На първо място се приема, че Земната година е с една и съща продължителност във времето. В рамките на къси периоди от време това може да се приеме за допустимо, но нещата се променят, когато се работи със стотици и хиляди години. Ако не се правят календарни корекции се стига до парадокса на една и съща дата за различни години Земята да не е на едно и също място по орбитата си.

Върху продължителността на Тропическата година освен субективният фактор – изследователя и средствата му за измерване, влияят и обективни физични въздействия водещи до неравномерности във въртенето на земята и орбиталното и движение. Точните астрономически наблюдения показват, че самата точка на Пролетното равноденствие се премества по Небесната сфера и това влияе на Тропическата година във времето. За сега астрономията приема теорията за прецесията на земната ос като единствено вярната. Според тази теория прецесията на земната ос влияе върху продължителността на Тропическата година и води до видимото движение на точка на Пролетното равноденствие. Движението на Равноденствието е постоянно и води до постоянното намаляване на Тропическата година с около 0.53 секунди на столетие. Точните измервания на Тропическата година са станали възможни едва в началото на ХХ век с изследванията на Нюкомб [6]. Разработени са няколко модела на изменение на дължината на Тропическата година [7], [8]. Динамиката на продължителността на Тропическата година е показана на Фиг. 1.



Фиг. 1

Продължителността на тази Тропическа година се приема от всички календаристи за постоянна и на базата на нейната продължителност са израждат известните слънчеви календари. До около 1880 година дължината на тропическата година не е определена точно и

поради това да се говори за точност на календари до това време е в голяма степен спекулативно.

Фактът, че продължителността на Тропическата година не е цяло число дни, колкото е разделителната способност на слънчевите календари, води до систематическо изместване на началото на Новата година във времето. Поради това се налага да се прилагат различни логически конструкции за да се коригира разминаването между положението на Земята по орбитата за цялото число дни 365 и изоставането и до завършването на пълна обиколка. Налага се да се въвеждат допълнителни календарни дни, така че Земята да застава винаги в едно и също положение по орбитата си в началото на Новата година, когато е стартиран календарът. Налага се да се съгласува Календарната година с Тропическата година, която е по-дълга.

Освен другите характеристики като стартова дата, календарна формула и дължина на календарния пакет, слънчевите циклови календари се характеризират с начините по които се правят Високосната и Вековата календарна корекция. В зависимост от избора на алгоритъм на тези корекции се определя и адекватността на съответния календар, неговата устойчивост и точност. Добавянето на корекционните дни се осъществява чрез използването на времеви пакет, наречен корекционен пакет на календара. В рамките на определен период от години, наречен „дължина на корекционния пакет“ се добавят няколко високосни години с по един допълнителен ден, така, че в края на цикъла на календара Земята е отново в „стартовата“ си позиция по орбитата си.

Принципите на изграждането на алгоритмите за корекция на календарни пакети с различни календарни формули са определени в предишни изследвания [4],[5]. Описано е как проблемът с точността на календара се решава чрез техниката на Верижните дробни. Там е показано и как се стартира календарен пакет с продължителност 511 години и високосна корекция със 124 години. Въпреки, че за генерацията на календара се използва петата календарна дроб, се получава слънчев календар с грешка едно денонощие за 132573 години [3]. По замисъла си, използването на календарна формула, базирана на верижни дробни, винаги е свързано с появата на грешка, която се натрупва в края на календарния пакет. Тази грешка е резултат от ограничената точност на верижните дробни. Колкото една дроб е от по-висок порядък, толкова по-малка е натрупваната грешка. Следователно не е възможно да се създаде абсолютно точен слънчев циклов календар. Налага се изводът, че ако целта е да се постигне абсолютно точен календар трябва да не се допуска натрупване на грешка повече от един ден, а този ден веднага да се поставя в календара.

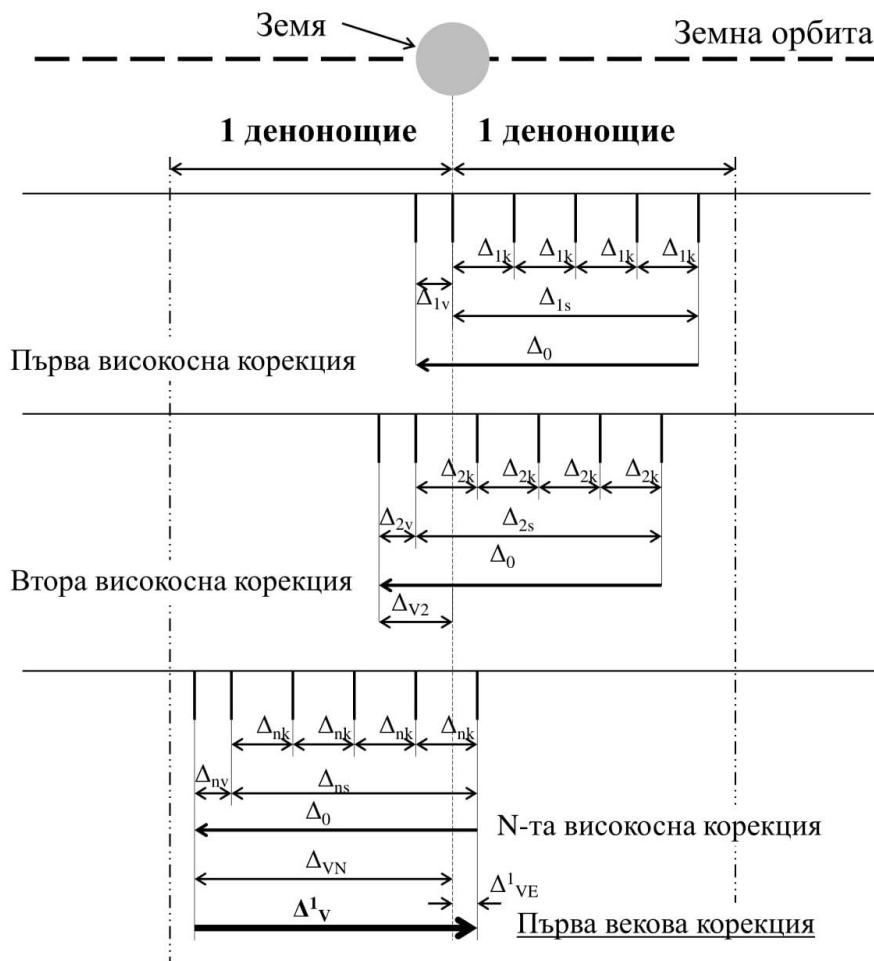
Разделителната способност на историческите календари е едно цяло денонощие. Поради това, за да се коригира точното положение на Земята във всеки момент от орбитата и, е необходимо да се натрупа точно около цяло денонощие и тогава да се коригира календарното броене на денонощието. Механизмът на корекцията се състои в добавянето на едно цяло денонощие през последната, четвъртата поредна година, в състава на дните от годината. Или да се добави още едно денонощие към 365 дневната година. Така се получава година с продължителност 366 денонощия и тя е наречена „Високосна“ година..

За първи път идеята за четиригодишната корекция е заложена в египетския календар, който е неприложим при датирането на исторически събития. За точното датиране на реални исторически събития Созиген създава календар, който е въведен в експлоатация през 46 година преди Новата ера от Юлий Цезар. Календарът е наречен Юлиански календар. Когато историците, от древността и до 1582г., датират и записват времето на реалните исторически събития те правят това по този календар с неговата Високосна корекция.

Броейки дните в годината, с продължителност 365 и 366 денонощия хората са забелязали, че датата на Пролетното равноденствие се премества напред в календара. Явно съществува и друга грешка, различна от Високосната, която трябва да се отчете. Причината за възникването на тази грешка е неправилното закръгляне на продължителността на Тропическата година на 365.25 денонощия. Реално Тропическата година е с продължителност от 365.242XXXX денонощия и тази продължителност е РАЗЛИЧНА за ВСЯКА година. Високосната корекция добавя едно денонощие към продължителността на годината на четири години, а реално за тези четири години се натрупва ПО-МАЛКО от едно денонощие. Разбира се, че това няма как да се отчете и да се направят календарни корекции в рамките на едно пълно денонощие тъй като календарните корекции могат да се правят със стъпки равни само на цяло денонощие. Налага се да се направи нов вид корекция, наречена „Векова корекция“, в посока обратна на Високосната корекция. Когато се натрупа едно денонощие на недостиг трябва да се отнеме едно денонощие от определена календарна година за да застане Земята отново на мястото си по орбитата си.

В настоящото изследване се предлага алгоритъм, чрез който се избягват недостатъците на слънчевите циклови календари и се постига максимална календарна точност

на повторяемостта на положенията на Земята по орбитата и. На Фигура 2 е демонстриран алгоритъмът на Високосни и Векови корекции на предлагания Динамичен календар.



Фиг. 2

На Фигурата обозначенията са следните:

----- – част от земната орбита

● – показано е едно фиксирано положение на Земята по орбитата и, през което тя преминава всяка година;

Δ_0 – реалната продължителност на едно денонощие;

$\Delta_{1k}, \Delta_{2k}, \dots, \Delta_{nk}$ – реална продължителност на годината в поредния четиригодишен пакет, при който се прави Високосната корекция;

$\Delta_{1s}, \Delta_{2s}, \dots, \Delta_{ns}$ – Реална продължителност на четирите денонощия, при което се прави поредната Високосна корекция от едно денонощие;

$\Delta_{1v}, \Delta_{2v}, \dots, \Delta_{nv}$ – Високосната грешка, която се появява поради корекцията от едно денонощие а реалното натрупване е по-малко от едно цяло денонощие;

$\Delta_{1v}, \Delta_{2v}, \dots, \Delta_{nv}$ – Векова корекция от едно цяло денонощие;

$\Delta_{1ve}, \Delta_{2ve}, \dots, \Delta_{nve}$ – Векова грешка след Вековата корекция;

В основата на Динамичен календар е заложена динамично изменящата се Тропическа година, следователно всяка година има различна продължителност. Това означава, че обозначените на схемата с $\Delta_{1k}, \Delta_{1k}, \dots, \Delta_{nk}$ реална продължителност на годината в поредния четиригодишен пакет не е една и съща за четирите години в пакета. На схемата те са обозначени с един индекс, в рамките на поредния пакет, за по-лесно възприемане на схемата.

Изискванията към алгоритъмът на математическия модел на Високосните и Векови корекции на календара са следните :

1. Фиксира се едно положение на Земята по орбитата и спрямо това положение се изследват календарните дни и натрупвания на съответните продължителности и грешки. Основното изискване е всички корекции и натрупвания да НЕ надвишават продължителността на ЕДНО ДЕНОНОЩИЕ! По този начин се гарантира съвпадение на календарната дата с положението на Земята по орбитата и с точност в рамките на не повече от ЕДНО денонощие.

2. Пресмятанята да се правят с реалната продължителност на всяка година от календара.

3. Високосните и Вековите корекции от едно денонощие да се правят ПРЕДИ да се достигне до грешка повече от едно денонощие.

Алгоритъмът на математическия модел е следният :

1. На входа на програмата за изчисляване на календарните корекции се вкарват: стартовата календарна година на календара;

2. Завърта се един цикъл за последователността на календарните години;

3. За всяка година се пресмята реалната Тропическа година по формулата на Нюкомб ;

4. Оформя се нов вътрешен цикъл от четири поредни години, с техните реални продължителности Δ_{nk} и разликите им до цяло едно денонощие, така се получава реалната високосна корекция Δ_{nv} ;

5. Прави се добавка от едно цяло денонощие към продължителността на последната, четвъртата година. Така началото на новата календарна година се връща когато Земята е отместена назад спрямо началото на календара с Δ_{nv} , Новата група от четири години с отместване Δ_{1v} , от стартовото положение на календара (вертикалният пунктир от Земята надолу в схемата);

6. След новите реални четири години се отново пресмятане на високосното отместване Δ_{2v} ;

7. Сумират се високосните корекции Δ_{1v} , и Δ_{2v} , така се получава сумата Δ_{v2} ;

8. Цикълът на нарастване на годините в пакета продължава докато сумата Δ_{vN} нарасне до по-голяма от 0.9999 но по-малка от 1 цяло денонощие. Границата от 0.9999 се приема от практически съображения, касаещи необходимата точност на цикловите календари [1]. Налага се да се направи първата Векова корекция в обратна посока на Високосната корекция, тоест да се отнеме едно цяло денонощие от календарната година и Земята и календарът да се синхронизират както са били в стартовото положение и на Земята и на календара;

10. Полученото разминаване между цяло денонощие и натрупаната разлика Δ_{vN} е Δ_{1vE} . Това е веково натрупване след корекцията и от това положение започва следващото броене на годините в календара. Тосе натрупва с всички последвали високосни натрупвания и по този начин грешката е сведена до нула.

11. Първото високосно натрупване на четирите последващи години плюс вековото натрупване Δ_{1vE} не може да надвиши едното денонощие, указано с вертикалната нахъсана линия вдясно защото четиригодишното натрупване е в рамките на 0.97XXX години и то събрано с вековата разлика, която е по-малка от 0.9999XX никога не може да нарасне над едно денонощие.

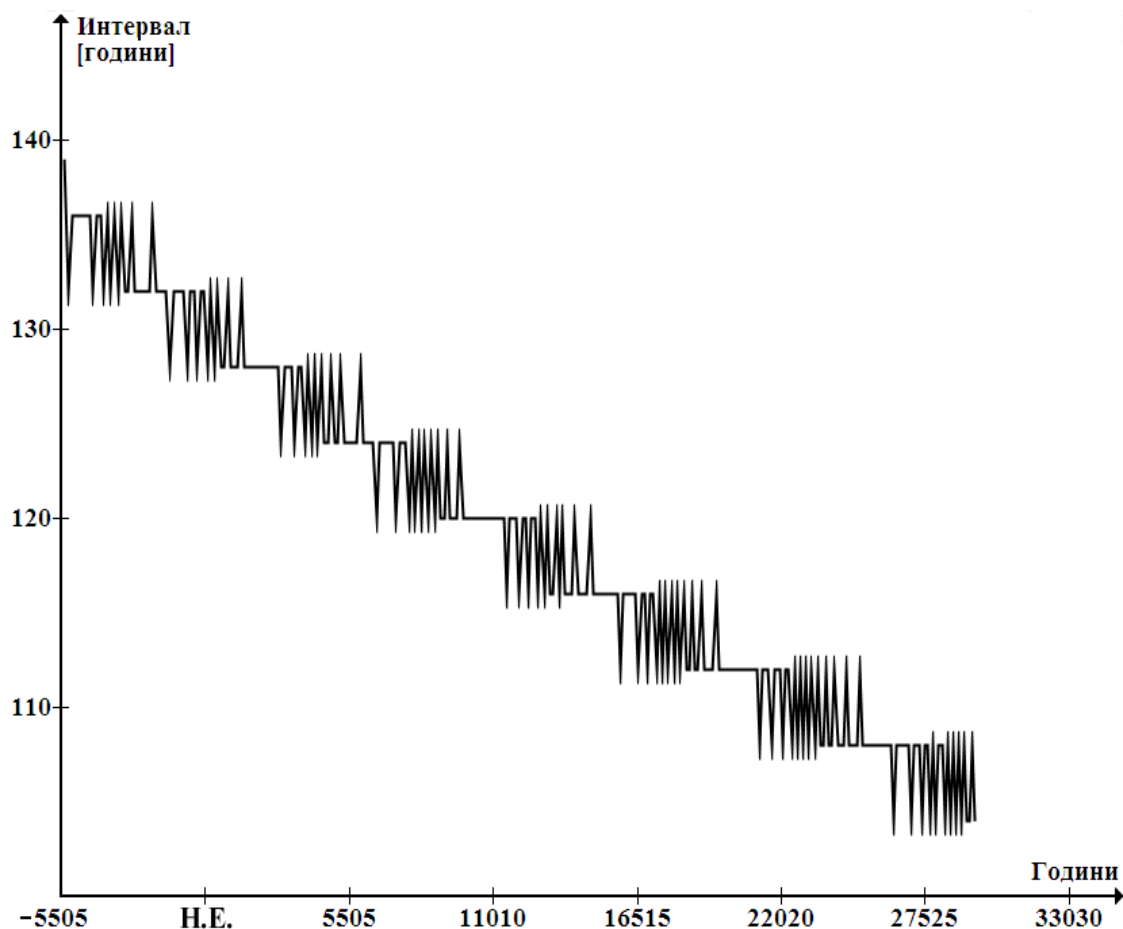
12. Започва ново броене на последователността на календарните години с техните реални тропически дължини докато натрупването на високосни грешки докато отново то стане по-голямо от 0.9999XX денонощия но по-малко от едно цяло денонощие и следва поредната векова корекция.

13. Процесът на нарастване на календарните години може да продължи много напред във вековете но календарната дата винаги ще съответства на онова положение на Земята по орбитата, каквото тя е имала в началото на старта на календара.

Тропическата година на Динамичния календар се променя всяка година, поради това вековото натрупване за въвеждане на съответната векова корекция се прави след изминаването на различен брой години. Табличното и графичното представяне на тези интервали е показано в Таблица 1 и на Фигура 2.

От Таблица 1 и Фигура 2 си вижда как намалява интервалът, на който трябва да се прави векова корекция за да бъде Земята на мястото си всяка година с грешка по-малка от едно денонощие. Интервалите за които се натрупва едното денонощие за векова корекция се различават с точно четири години защото вековата корекция трябва да се прави винаги след поредно високосно натрупване. Видно е и, че ако векова корекция се прави на 128 години назад и напред във времето се получава голяма грешка, която нараства с много денонощия. Вековото натрупване от едно денонощие за 128 години, е валидно само в интервалът от 992 до 3420 календарни години.

В Юлианския календар е прието високосна да се счита годината, чиито номер се дели точно на 4. Според правилото на Касини обаче, в реда на историческите години няма нулева година. Преди Първа година от Новата ера е годината Първа преди новата ера. Следователно високосните години преди Новата ера ще се определят по правилото : Историческата годината е Високосна ако сумата от поредният и номер, увеличен с единица, се дели точно на четири. За годините след Новата ера остава познатото правило на Юлианския календар.



Фиг. 2

Стартовата година на Динамичния календар е историческата година 5504 пр.н.е., която година според правилото на Касини е астрономическата 5503 пр.н.е.[2]. Първата високосна корекция трябва да се направи след като са преминали три пълни години или през следващата 5501 историческа година. Тази година е високосна. Първата векова корекция с премахването на един календарен ден трябва да се направи през 5365 г.пр.н.е. Тази година е високосна и затова, за да е адекватен календарът трябва да се извади един ден – или тя трябва да стане проста. Всички векови натрупвания, водещи до изваждането на един ден от календарната година, стават през високосни години и те съответно трябва да се приемат за прости с продължителност от 365 денонощия..

В Таблица 2 са представени резултатите, получени след прилагането на гореописания алгоритъм. Ако посочените в Таблицата номерата на историческите години, от високосни се превърнат в прости се постигат ограничителните условия на алгоритъма. На всяка определена календарна дата небето над Земята е точно такова каквото е било на съответната дата при стартирането на календара защото Земята е на точно същото си положение по орбитата си, където е била на същата дата в стартовата година.

Смисълът на дадените в Таблицата 2 е много важен за извършването на ритуални действия, които са свързани с постоянни явления като равноденствията например. Ако това събитие е била например на датата 25.03 през година Г1 и не са правени векови корекции, същото събитие ще е отместено спрямо сегашната година Г2 на толкова дни напред към Новата година, колкото броя години има записани в интервала Г2 – Г1 от Таблицата. По този начин се реализира методика за съгласуването на Динамичния календар с Юлианския календар.

Ако има точно локализирано събитие с точен час в рамките на денонощието описан алгоритъмът позволява да се правят пресмятания за уточняване и на часовото отместване в следствие на вековите корекции и да се получи повторимост на положението на Земята за друга календарна дата.

Таблица 1. Интервали на вековата корекция

Година	Δ	Година	Δ	Година	Δ	Година	Δ	Година	Δ
-5365	139	1380	132	7780	120	13888	116	19740	112
-5233	132	1508	128	7904	124	14004	116	19852	112
-5097	136	1636	128	8024	120	14124	120	19964	112
-4961	136	1764	128	8148	124	14240	116	20076	112
-4825	136	1892	128	8268	120	14356	116	20188	112
-4689	136	2020	128	8392	124	14472	116	20300	112
-4553	136	2148	128	8512	120	14588	116	20412	112
-4417	136	2276	128	8636	124	14708	120	20524	112
-4285	132	2404	128	8756	120	14824	116	20636	112
-4149	136	2532	128	8880	124	14940	116	20748	112
-4013	136	2660	128	9000	120	15056	116	20860	112
-3881	132	2788	128	9120	120	15172	116	20972	112
-3745	136	2912	124	9244	124	15288	116	21084	112
-3613	132	3040	128	9364	120	15404	116	21192	108
-3477	136	3168	128	9484	120	15520	116	21304	112
-3345	132	3296	128	9604	120	15636	116	21416	112
-3209	136	3420	124	9728	124	15752	116	21528	112
-3077	132	3548	128	9848	120	15864	112	21636	108
-2945	132	3676	128	9968	120	15980	116	21748	112
-2809	136	3800	124	10088	120	16096	116	21860	112
-2677	132	3928	128	10208	120	16212	116	21972	112
-2545	132	4052	124	10328	120	16328	116	22192	112
-2413	132	4180	128	10448	120	16444	116	22304	112
-2281	132	4304	124	10568	120	16556	112	22412	108
-2149	132	4432	128	10688	120	16672	116	22524	112
-2013	136	4556	124	10808	120	16788	116	22632	108
-1881	132	4680	124	10928	120	16900	112	22744	112
-1749	132	4808	128	11048	120	17016	116	22852	108
-1617	132	4932	124	11168	120	17132	116	22964	112
-1485	132	5056	124	11288	120	17244	112	23072	108
-1357	128	5184	128	11408	120	17360	116	23184	112
-1225	132	5308	124	11524	116	17472	112	23292	108
-1093	132	5432	124	11644	120	17588	116	23404	112
-961	132	5556	124	11764	120	17700	112	23512	108
-829	132	5680	124	11884	120	17816	116	23732	112
-701	128	5804	124	12000	116	17928	112	23840	108
-569	132	5932	128	12120	120	18044	116	23948	108
-437	132	6056	124	12240	120	18156	112	24060	112
-309	128	6180	124	12356	116	18272	116	24168	108
-177	132	6304	124	12476	120	18384	112	24276	108
-45	132	6428	124	12596	120	18496	112	24384	108
84	128	6548	120	12712	116	18612	116	24496	112
216	132	6672	124	12832	120	18724	112	24604	108
344	128	6796	124	12948	116	18836	112	24712	108
476	132	6920	124	13068	120	18952	116	24820	108
604	128	7044	124	13184	116	19064	112	24928	108
732	128	7168	124	13300	116	19176	112	25040	112
864	132	7288	120	13420	120	19288	112	25256	108
992	128	7412	124	13536	116	19400	112	25364	108
1120	128	7536	124	13656	120	19516	116	25472	108
1248	128	7660	124	13772	116	19628	112	25580	108

Таблица 2. Съгласуване с Юлианския календар

-5365	-1749	1764	5184	8512	11764	14940	18044	21084	24060
-5233	-1617	1892	5308	8636	11884	15056	18156	21192	24168
-5097	-1485	2020	5432	8756	12000	15172	18272	21304	24276
-4961	-1357	2148	5556	8880	12120	15288	18384	21416	24384
-4825	-1225	2276	5680	9000	12240	15404	18496	21528	24496
-4689	-1093	2404	5804	9120	12356	15520	18612	21636	24604
-4553	-961	2532	5932	9244	12476	15636	18724	21748	24712
-4417	-829	2660	6056	9364	12596	15752	18836	21860	24820
-4285	-701	2788	6180	9484	12712	15864	18952	21972	24928
-4149	-569	2912	6304	9604	12832	15980	19064	22080	25040
-4013	-437	3040	6428	9728	12948	16096	19176	22192	25148
-3881	-309	3168	6548	9848	13068	16212	19288	22304	25256
-3745	-177	3296	6672	9968	13184	16328	19400	22412	25364
-3613	-45	3420	6796	10088	13300	16444	19516	22524	25472
-3477	84	3548	6920	10208	13420	16556	19628	22632	25580
-3345	216	3676	7044	10328	13536	16672	19740	22744	25688
-3209	344	3800	7168	10448	13656	16788	19852	22852	25796
-3077	476	3928	7288	10568	13772	16900	19964	22964	25904
-2945	604	4052	7412	10688	13888	17016	20076	23072	26012
-2809	732	4180	7536	10808	14004	17132	20188	23184	26120
-2677	864	4304	7660	10928	14124	17244	20300	23292	26228
-2545	992	4432	7780	11048	14240	17360	20412	23404	26332
-2413	1120	4556	7904	11168	14356	17472	20524	23512	26440
-2281	1248	4680	8024	11288	14472	17588	20636	23620	26548
-2149	1380	4808	8148	11408	14588	17700	20748	23732	26656
-2013	1508	4932	8268	11524	14708	17816	20860	23840	26764
-1881	1636	5056	8392	11644	14824	17928	20972	23948	26872

За базов модел на динамиката на Тропическата година е взет този на Нюкомб, който за сравнително малки периоди, като се започне от преди Новата ера и са стигне до днес, е близък до другите модели. Такава близост, обаче, не се наблюдава в дълбока древност, когато се коментират Ерите от Създаването на Света. Тогава, само промяната на формулата, по която се определя Тропическата година, е достатъчна за да работи коректно предлаганият алгоритъм.

Демонстрираният алгоритъм се прилага в календаристиката за първи път. Както и за първи път се използва динамично изменяща се Тропическа година за пресмятане на вековите натрупвания. Всички съществуващи до сега слънчеви календари използват статична Тропическа година и това ги прави неадекватни за ритуална дейност или отчитане на точните моменти на реални исторически събития, за които е указана частта от денонощието в което са станали.

Литература:

1. Селешников, С., История календаря и хронология, Наука, Москва, 1972 г.
2. Танев, Т., А. Манев, Точно определяне на Началото на календарната система (Археометричен анализ), International Science conference 4th - 5th June 2009, Stara Zagora, BULGARIA "Economics and Society development on the Base of Knowledge", Volum e VI , pp. 77–82, ISBN 978-954-9329-45-2
3. Танев, Т., А. Манев, Календарна формула и календарна дроб на Българския циклов календар, XXII Международна научна конференция, 7-8 юни 2012, гр.Стара Загора, Международно научно on-line списание Наука и технологии, Том II, Номер 3, 2012, стр. 140–146, ISSN 1314-4111
4. Танев, Т., А. Манев, Български празничен циклов календар, Издание „Данграфик“- Варна, 2013г., 118 стр. ISBN 978-954-9418-69-9
5. Танев Т. А.Манев, В. Ташев, Д. Господинов, Кр. Христов, Български циклов календар, устройство, принципи, аритметика, Юбилейна научна конференция 2014“100 години авиационно образование в България”, 9 – 10 октомври 2014 г.гр. Долна Митрополия, Издателски комплекс на НБУ „Васил Левски”, стр. , ISBN 978-954-713-216-8
6. Meeus, J., D. Savoie., The history of the tropical year , J. Br. Astron. Assoc. 102, 1, 1992
7. Borkowski, K.,The Tropical year and solar calendar,The Journal of the Royal Astronomical Society of Canadovol. 85, No. 3 (whole No. 630), June 1991, p. 121–130.
8. Laskar, J., 1986, Astron. Astrophys., 157, 59.